

(2^e Série.)

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE NANCY.

(N^o 12.)

CONTRIBUTION

A L'ÉTUDE ANATOMIQUE

DES RACINES

DE LA FAMILLE DES COMPOSÉES

THÈSE

PRÉSENTÉE

A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE NANCY

ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 11 MARS 1884

pour l'obtention du diplôme supérieur de pharmacien de 1^{re} classe

PAR

MAURICE THOUVENIN

né à NANCY (Meurthe-et-Moselle)

Licencié ès sciences naturelles

Pharmacien de 1^{re} classe

Chef des travaux pratiques à l'École supérieure de pharmacie.

NANCY

IMPRIMERIE NANCÉIENNE, 1, RUE DE LA PÉPINIÈRE

—
1884



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547426_0040

(2^e Série.)

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE NANCY.

(N^o 12.)

CONTRIBUTION
A L'ÉTUDE ANATOMIQUE
DES RACINES
DE LA FAMILLE DES COMPOSÉES

THÈSE
PRÉSENTÉE
A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE NANCY
ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 11 MARS 1884
pour l'obtention du diplôme supérieur de pharmacien de 1^{re} classe

PAR

MAURICE THOUVENIN

né à NANCY (Meurthe-et-Moselle)

Licencié ès sciences naturelles

Pharmacien de 1^{re} classe

Chef des travaux pratiques à l'École supérieure de pharmacie.

NANCY

IMPRIMERIE NANCÉIENNE, 1, RUE DE LA PÉPINIÈRE

—
1884

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE NANCY.

Directeur : M. JACQUEMIN, *, I^Q.

Directeur honoraire : M. OBERLIN, *, I^Q.

Professeur honoraire : M. OBERLIN, *, I^Q.

Chimie inorganique	}	M. JACQUEMIN, *, I ^Q , professeur.
Chimie organique.....		
Chimie des corps organisés.....		
Toxicologie.....	}	M. SCHLAGDENHAUFFEN, I ^Q , prof.
Physique.....		
Histoire naturelle médicale.....		M. BLEICHER, *, I ^Q , professeur.
Matière médicale		M. GODFRIN, chargé de cours.
Pharmacie chimique		M. HALLER, A ^Q , agrégé, ch. du cours.
Pharmacie galénique (<i>cours complémentaire</i>).		M. DELCOMINÈTE, I ^Q , ch. du cours.
Minéralogie et hydrologie (<i>idem</i>).....		M. HELD, agrégé, chargé du cours.

Secrétaire Agent Comptable : M. BONNET, I^Q.

EXAMINATEURS DE LA THÈSE :

M. BLEICHER, *président* ;

MM. GODFRIN ; SCHLAGDENHAUFFEN.

NOTA. — L'École a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend ni les approuver, ni les imputer.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR JACQUEMIN

Directeur de l'École supérieure de Pharmacie.

A MESSIEURS LES PROFESSEURS BLEICHER ET GODFRIN

HOMMAGE DE VIVE RECONNAISSANCE

CONTRIBUTION

A L'ÉTUDE ANATOMIQUE DES RACINES

DE LA FAMILLE DES COMPOSÉES.

Les racines médicinales de la famille des Composées ont été seules étudiées dans ce travail.

Si j'ai cru nécessaire de reprendre une étude déjà faite, c'est que les descriptions que nous possédions de ces racines, si bonnes qu'elles fussent, n'étaient plus au courant de la science.

Les auteurs s'étaient contentés de donner une simple nomenclature des tissus sans s'occuper de leur valeur morphologique.

Je me proposais de combler cette lacune ; mon unique but à l'origine était de donner à mon tour des descriptions aussi exactes que possible, en y introduisant un élément important et nouveau : l'origine des tissus.

Mais, étudiant ces racines depuis l'état primaire jusqu'à l'âge adulte, j'ai eu la bonne fortune d'observer dans les canaux sécréteurs, en particulier, certains faits qui, à ma connaissance, n'ont encore été remarqués par aucun savant.

Il m'a donc paru utile de faire précéder mon travail d'un chapitre consacré à la racine des Composées en général.

Soutenu par les bienveillants conseils de MM. les professeurs Bleicher et Godfrin, je suis heureux de leur témoigner ici toute ma reconnaissance.

HISTORIQUE

L'étude que nous avons entreprise n'a, jusqu'à présent, été l'objet d'aucun travail particulier ; cependant, dans divers mémoires, des chapitres ont été consacrés soit à la racine des Composées, soit à certains des organes qui s'y trouvent.

Nous allons donner, dans l'ordre chronologique, une courte analyse des parties de ces travaux qui se rapportent à notre sujet.

M. Julius Sachs, en 1859, dans un mémoire sur la formation de l'amidon dans la germination des graines oléagineuses, étudiant la racine de l'*Helianthus annuus*, a, le premier, remarqué que cette racine possède des canaux sécréteurs, et il en a donné la place exacte (1).

Pour lui, en effet, les canaux sécréteurs sont creusés dans l'endoderme dédoublé à cet effet.

En 1862, M. Trécul (2) étudie les rapports des vaisseaux laticifères avec les canaux sécréteurs. Il regarde ces derniers comme dépourvus de membrane propre ; cependant, « en reconnaissant la grande diversité de structure des laticifères pourvus d'une membrane, en réfléchissant aux propriétés différentes du suc dans ces mêmes vaisseaux, puisqu'il varie d'aspect non seulement dans des plantes diverses, mais encore dans le même végétal, suivant l'âge de la partie qui le renferme, je suis porté, dit M. Trécul, à réunir le latex proprement dit, le suc laiteux des Clusiacées, des Umbellifères, des Térébinthacées, etc., les sucs oléo-résineux des Conifères et de la plupart des Composées, enfin les sucs gommeux des Cycadées et des *Carladovica*, etc., dans un même groupe

(1) J. Sachs, *Botanische Zeitung*, 1859, p. 177 et 183, pl. VIII, fig. 17.

(2) A. Trécul, *Des vaisseaux propres en général et de ceux des Cynarées laiteuses en particulier*. (Journal l'Institut, 13 août 1862.)

sous l'ancien nom de *sucs propres*, qui tous, il me semble, concourent à la nutrition. »

A l'appui de ce qu'il avance, M. Trécul montre ce qui se passe dans la famille des Cynarées.

D'abord aux sept genres où Meyer dit avoir vu des laticifères, et que M. Trécul réduit à quatre (*Arctium*, *Carduus*, *Cirsium*, *Vernonia*), il en ajoute neuf autres (*Onopordon*, *Carlina*, *Jurinea*, *Notobasis*, *Tyrimnus*, *Galactites*, *Sylibum*, *Echenais*, *Lappa*). Puis il conclut en disant : « Non seulement les divers genres de ce groupe peuvent offrir des vaisseaux propres différents, mais encore la même plante présente souvent les deux sortes de vaisseaux à la fois, de manière qu'il y a une transition réelle entre les laticifères et les canaux dits oléo-résineux. En effet, chez toutes les plantes à suc laiteux de cette tribu, dont j'ai pu examiner la racine (je l'ai étudiée dans toutes les espèces indigènes citées, ainsi que dans le *Jurinea alata* et les *Vernonia præalta* et *eminens*), j'ai trouvé que les vaisseaux propres, au lieu d'être laiteux dans la tige et dans la racine, comme c'est le cas ordinaire, le sont seulement dans la tige. Dans celle-ci le suc est donc laiteux, tandis que dans la racine il est seulement limpide, d'aspect oléeux. Dans la tige, les vaisseaux ont une membrane propre ; dans la racine, ils n'en ont pas et ressemblent à des méats plus ou moins élargis. Les canaux oléo-résineux sont donc substitués aux vaisseaux laiteux dans le caudex descendant. Toutefois, leur position relative y est un peu différente de celle des vaisseaux laiteux dans la tige. Ceux-ci sont étendus sur le liber, soit au côté externe, soit au côté interne des faisceaux fibro-vasculaires, tandis que les vaisseaux propres de la racine ne sont pas contigus au liber ; ils sont plus ou moins retirés vers la partie moyenne de l'écorce. »

On verra que les vaisseaux laticifères et les canaux sécré-

teurs ne sont pas, comme l'admet M. Trécul, un seul et même système, mais bien deux systèmes indépendants.

Dans un autre travail sur les vaisseaux laticifères (1), M. Trécul consacre un chapitre spécial à la tribu des Chicoracées et y donne une description très succincte des laticifères de la racine.

Je cite pour mémoire le travail de M. N.-J.-C. Müller, qui a étudié les canaux sécréteurs des plantes (2). Dans le paragraphe où il parle des Composées, il suit le développement des canaux sécréteurs dans la racine de l'*Artemisia vulgaris*. Pour lui, les canaux sont des espaces intercellulaires bordés originairement de quatre cellules, qui tantôt se divisent, tantôt restent simples ; mais il se méprend sur la place qu'occupent les canaux sécréteurs dans la jeune racine ; il les met en dehors de la membrane protectrice.

Ce n'est qu'en 1871 que parut le beau travail de M. Van Tieghem sur la racine (3).

En ce qui regarde les Composées, après avoir constaté que le jeune pivot, dans cette famille, est généralement construit sur le type deux, il prend le *Tagetes erecta* comme exemple, et il étudie la structure primaire de cette racine, qui possède des canaux sécréteurs en face des îlots libériens ; ces canaux sont analogues à ceux des Ombellifères et des Araliacées ; mais, tandis que dans ces familles ils sont creusés dans la membrane rhizogène et appartiennent au cylindre central, dans le *Tagetes erecta* ils se trouvent dans l'endoderme doublé à cet effet, et font partie de l'écorce primaire.

(1) A. Trécul, *Résumé d'observations sur les vaisseaux et les sucs propres*. (Ann. des sc. nat., Bot., 5^e série, 1866, t. V.)

(2) N.-J.-C. Müller, *Untersuchungen über die Vertheilung der Harze, ätherischen Oele, Gummi und Gummiharze, und die Stellung der Secretionsbehälter in Pflanzenkörper*. (Pringsheim's Jahrbücher, 1866-67, V, 387.)

(3) Van Tieghem, *Recherches sur la symétrie de structure des plantes vasculaires*. (Ann. des sc. nat., Bot., 5^e série, 1871, t. XIII.)

M. Van Tieghem publie encore, en 1872, ses recherches sur les canaux sécréteurs des plantes (1).

Mes recherches personnelles s'étant portées surtout sur les canaux sécréteurs, je crois que je ne saurais mieux faire que de donner intégralement, en outre d'une analyse détaillée, les passages les plus importants de ce travail, qui se rapportent aux racines des Composées.

M. Van Tieghem définit d'abord les canaux sécréteurs : « Ce sont, dit-il, des tubes dépourvus de parois propres, produits à l'origine, comme de simples méats aérifères, par le décollement, le long de l'arête de contact, et par l'écartement des parois de trois ou quatre files cellulaires contiguës, et s'élargissant plus tard, à mesure que grandissent et se divisent les cellules entre lesquelles ils sont creusés. »

L'auteur prend alors un exemple, le *Tagetes patula*; il donne la structure de la racine primaire de cette plante, puis fait une étude complète des canaux sécréteurs qui s'y trouvent.

Il s'exprime ainsi : « Devant les faisceaux vasculaires primitifs du cylindre central, les larges cellules protectrices, au nombre de cinq assez souvent, sont simples, et n'offrent rien de remarquable. Mais celles qui correspondent aux groupes libériens, au nombre de quatre à six ordinairement, d'abord simples, se sont agrandies dans le sens du rayon, puis dédoublées par une cloison tangentielle extérieure aux plissements en deux éléments superposés; l'élément le plus interne est plus petit que l'autre, et porte le cadre de plissement. Puis les coins des nouvelles cellules se sont arrondis et les étroits méats, en forme de losange, qui résultent de leur écartement, se sont remplis d'une huile essentielle d'un

(1) Van Tieghem. *Les canaux sécréteurs des plantes*. (Ann. des sc. nat., Bot., 5^e série, 1872, t. XVI.)

jaune verdâtre, tandis que les cellules elles-mêmes demeurent hyalines et en apparence sans aucun caractère spécial. Quelquefois on voit l'huile verte remplir aussi quelques-uns des méats plus larges qui existent entre les cellules protectrices dédoublées et celles de l'avant-dernière assise corticale ; mais cela n'est qu'accidentel. Il se fait donc ainsi normalement, en dehors des faisceaux libériens primitifs, un arc de cinq à six canaux intersticiels oléifères, canaux extrêmement étroits, puisqu'ils atteignent à peine 0^{mm},008 de largeur, entourés chacun par quatre grandes cellules hyalines.

Après l'étude de la période primaire vient celle de la période secondaire. M. Van Tieghem indique les modifications qui surviennent alors dans la racine, puis revient aux canaux sécréteurs : « Dans le *Tagetes patula*, l'écorce primaire ne s'exfolie pas. »

« Les cellules de la membrane protectrice, qui bordent et séparent les canaux oléifères, s'étendent d'abord tangentiellement, puis chacune d'elles se divise en deux par une cloison radiale, plissée comme les parois latérales primitives et au même endroit, mais sans laisser, toutefois, de méat oléifère entre ses deux moitiés et les deux moitiés correspondantes de la cellule superposée, qui se dédouble en même temps qu'elle. Puis chaque cellule nouvelle se divise en deux de la même façon, et ainsi de suite ; de sorte qu'au bout d'un certain temps, deux quelconques des canaux oléifères primitifs, d'abord isolés par une seule largeur de cellules, se trouvent séparés par une vingtaine de cellules protectrices plissées, nées à l'intérieur d'un seul élément primitif. Les cellules plissées ne se divisent jamais par des cloisons tangentielles ; les canaux oléifères, un peu élargis, demeurent toujours appliqués immédiatement contre la membrane protectrice. »

Les canaux oléifères persistent jusqu'à la fin de la période végétative.

Le cylindre central est absolument privé d'huile essentielle pendant la période primaire. Dans la période secondaire, vers la base du pivot, on trouve certaines cellules des rayons parenchymateux du liber secondaire qui sécrètent une huile essentielle dans leur cavité.

Après avoir ainsi étudié ce qui se passe dans l'Œillet d'Inde, M. Van Tieghem consacre ensuite un chapitre aux modifications de l'appareil oléifère dans les divers genres de la famille. « Ce sont toujours, comme dans l'Œillet d'Inde, de très étroits méats, creusés dans la membrane protectrice dédoublée localement à cet effet, non bordés de cellules spéciales différentes des cellules protectrices elles-mêmes, disposés au dos de chaque faisceau libérien primitif, dont leur cavité n'est séparée que par les cellules plissées et par les éléments de la membrane rhizogène, alternes, par conséquent, avec les faisceaux vasculaires primordiaux. Ces canaux sont, le plus souvent, quadrangulaires et associés côte à côte, en formant autant d'arcs oléifères qu'il y a de faisceaux libériens; les méats extrêmes de chaque arc sont seuls triangulaires. »

Dans le jeune âge, deux canaux consécutifs ne sont séparés que par une seule épaisseur de cellules..., mais plus tard, ils s'écartent de plus en plus par la division répétée de ces deux cellules au moyen de cloisons radiales. » Enfin, les choses se passent exactement de la même façon que dans le *Tagetes patula*, et M. Van Tieghem répète encore que, « comme il ne se fait dans les cellules plissées aucune cloison tangentielle, les canaux demeurent toujours en contact avec la membrane protectrice. »

Jamais la racine ne possède, pendant sa période primaire,

de canaux oléifères dans son cylindre central, soit dans les faisceaux libériens, soit dans le tissu conjonctif, même quand ce dernier est très développé, qu'il soit parenchymateux ou fibreux.

Voilà ce qui demeure constant; ce qui varie d'un genre à l'autre, c'est le nombre des canaux associés correspondant à chaque faisceau libérien.

M. Van Tieghem fait d'abord observer que, pour obtenir des résultats comparables, il faut tenir compte du nombre des faisceaux libériens d'une racine, nombre qui, non seulement n'est pas toujours le même dans deux racines de la même espèce, mais peut varier dans un même individu, selon la hauteur à laquelle on l'examine; le nombre des canaux oléifères doit aussi être évidemment, jusqu'à un certain point, en rapport avec la largeur des faisceaux libériens, croître et diminuer avec elle.

En supprimant ces variations individuelles, en ne comparant d'un genre à l'autre que des racines d'un même type, et en ne considérant que des nombres moyens, M. Van Tieghem a mis en évidence une simplification numérique liée à l'organisation des diverses tribus.

C'est dans les plantes de la tribu des Cinarées que le nombre des canaux sécréteurs paraît le plus grand. Dans la racine adventive quaternaire du *Serratula centauroïdes*, il y en a de douze à vingt; dans la racine binaire du *Cirsium arvense*, on en trouve de quinze à vingt; dans les pivots d'un grand nombre de Cinarées, on trouve au moins une dizaine de canaux sécréteurs.

Dans les Calendulacées, le nombre des méats oléifères diminue; il est en moyenne de huit à dix; il arrive même qu'il n'y en a que de trois à cinq dans le *Venidium calendulaceum* (racine binaire).

C'est surtout chez les Sénécionidées qu'on peut juger de la décroissance progressive; de cinq à huit méats oléifères, qui existent dans la racine binaire du *Gnaphalium citrinum*, on arrive graduellement à n'en plus trouver qu'un dans la racine ternaire du *Chrysanthemum Parthenium*. Dans la tribu des Astéracées, la réduction numérique des canaux se fixe à son minimum.

Les Eupatoriées présentent aussi des différences numériques du même ordre; de cinq à six méats oléifères, que l'on trouve dans chaque arc supra-libérien du *Tussilago Farfara*, on arrive par degrés à n'en plus trouver qu'un seul dans l'*Eupatorium aromaticum*.

Il reste maintenant à établir comment se comporte la racine des Chicoracées avec les canaux sécréteurs; les racines de cette tribu renferment des vaisseaux laticifères.

« Les vaisseaux laticifères de la racine des Chicoracées, dit M. Van Tieghem, appartiennent exclusivement au cylindre central; aucun d'eux ne franchit la membrane rhizogène. Les canaux oléifères appartenant, au contraire, au parenchyme cortical, on peut concevoir a priori la coexistence possible de ces deux appareils, qui semblent indépendants. Toutefois, il n'en est pas ainsi, au moins dans la plupart des cas. Ainsi, je n'ai rencontré aucun canal oléifère dans la majorité des Chicoracées, à la place où la racine des autres Composées en possède toujours, et la membrane protectrice y demeure simple, aussi bien en dehors des faisceaux libériens que des faisceaux vasculaires (*Hieracium cymosum*, *Lactuca sativa*, etc.). Mais déjà, dans le pivot binaire du *Chicorium Intybus* et du *Lamproloma communis*, je vois s'opérer, en face des faisceaux libériens, le dédoublement de quatre ou cinq cellules plissées, sans toutefois que les angles de ces cellules dédoublées s'arrondissent pour former des méats oléifères.

Enfin, le phénomène annoncé par ce dédoublement s'achève dans le *Scolymus grandiflorus*, où la membrane protectrice, dédoublée encore en face de chaque faisceau libérien, s'y creuse en outre de cinq canaux oléifères rapprochés en arc, absolument comme dans le *Tagetes patula*; ce qui n'empêche pas un latex abondant de se former dans certains éléments du faisceau libérien. Ici donc, les deux appareils coexistent dans le même organe » (1).

M. Van Tieghem n'a pas étudié les canaux sécréteurs qui prennent naissance dans les formations secondaires; il se contente de citer deux exemples :

1° Le *Centaurea atropurpurea*, où l'on voit se former, dans le liber secondaire, des canaux oléifères bordés de quatre cellules spéciales et disposées au milieu des cellules grillagées en autant de séries radiales qu'il y a de bandes rayonnantes de tissu grillagé.

2° L'*Echinops exaltatus*, dont le liber secondaire ne présente pas de canaux oléifères; mais où en revanche, il se produit de l'huile essentielle dans les cellules mêmes des rayons de parenchyme.

M. Dutailly (2), étudiant les phénomènes déterminés par l'apparition tardive d'éléments nouveaux dans les racines et les tiges des Dicotylédones, a considéré quelques racines appartenant à la famille des Composées; celles de *Scorzonera hispanica*, de *Chicorium*, de *Taraxacum dens leonis*, etc., dans lesquelles il a décrit soit des formations secondaires nouvelles, soit des organes de sécrétion. Le plus compliqué est un canal sécréteur central, enveloppé de liber dur, puis

(1) Van Tieghem, *Ibid.*, p. 124.

(2) G. Dutailly, *Sur quelques phénomènes déterminés par l'apparition tardive d'éléments nouveaux dans les tiges et les racines des Dicotylédones*. (Thèse présentée à la Faculté des sciences de Bordeaux. — Paris, O. Doin, 1879.)

de liber mou, entouré d'une couche génératrice annulaire, avec des vaisseaux sur son bord extérieur.

Il cite ensuite une anomalie curieuse et unique trouvée dans la racine de *Taraxacum dens leonis*; par suite d'une cause accidentelle, cette racine, qui avait poussé parmi des pierres, présentait une crevasse en face de laquelle la couche génératrice, dont le fonctionnement se trouvait altéré, avait donné naissance dans son intérieur même à cinq canaux sécréteurs ayant la structure complexe dont il vient d'être parlé.

M. Olivier (1) a publié, en 1881, un travail sur l'appareil tégumentaire des racines. Dans les généralités, à propos des canaux sécréteurs, il parle ainsi de ceux des Composées :

« Dans la famille des Composées, où les cellules oléifères appartiennent à l'endoderme, cette membrane peut rester simple ou se diviser tangentiellement en deux assises. M. Van Tieghem a montré que le premier cas est celui du *Scolymus grandiflorus*; j'ai constaté qu'il en est ainsi chez l'*Echinops exaltatus* et le *Lappa major*. La division tangentielle s'observe chez la plupart des Composées, par exemple chez les *Tagetes patula*. »

Suivant M. Olivier, M. Van Tieghem aurait donc constaté que, dans le *Scolymus grandiflorus*, les canaux sécréteurs sont situés sur la face externe de l'endoderme; si l'on veut bien se reporter au passage de M. Van Tieghem que j'ai donné plus haut, on verra que, pour cette plante, il a placé les canaux sécréteurs dans l'endoderme dédoublé à cet effet.

En traitant des canaux sécréteurs, je prouverai qu'ils se trouvent toujours dans l'endoderme dédoublé, et non sur sa face externe.

(1) L. Olivier, *Recherches sur l'appareil tégumentaire des racines*. (Ann. des sc. nat., Bot., 6^e série, t. XI.)

Étudiant ensuite l'appareil tégumentaire dans la série des plantes, M. Olivier examine celui des Composées ; chez celles où les formations vasculaires sont non seulement précoces, mais encore abondantes et prolongées, l'écorce primaire s'exfolie : exemple, la racine de *Scorzonera humilis*.

Dans les racines où les formations vasculaires ne se produisent pas dans les mêmes conditions que ci-dessus, l'écorce primaire persiste ; telles sont celles de *Taraxacum dens leonis*, de *Lappa*, etc.

A propos du *Taraxacum dens leonis*, j'ai constaté, contrairement à ce qu'avance M. Olivier, que dans cette racine l'écorce primaire s'exfolie.

Les auteurs qui viennent d'être cités se sont occupés des racines de la famille des Composées au point de vue de la Botanique pure ; d'autres en ont encore parlé, mais en pharmacologistes. Ils ont bien décrit l'aspect des racines sèches, telles qu'on les rencontre dans les pharmacies ; mais au point de vue histologique, ils se sont contentés d'énumérer des tissus, sans s'inquiéter de leur provenance et de leur valeur morphologique.

L'étude histologique des racines médicinales fera l'objet du second chapitre de ce travail ; j'indiquerai alors les points sur lesquels je ne me trouve pas d'accord avec les auteurs qui ont écrit sur ce sujet.

Je me contente ici de donner les titres de leurs travaux.

Guibourt, *Histoire naturelle des drogues simples*.

Otto Berg, *Anatomischer Atlas zur pharmaceutischen waarenkunde*. (Berlin, 1865.)

Fluckiger, *Grundlagen der Pharmaceutischen waarenkunde*. (Berlin, 1873.)

Fluckiger et Hamburg, *Histoire des drogues d'origine végétale*, avec de nombreuses notes, par M. de Lanessan. (1878.)

Planchon, *Traité pratique de la détermination des drogues simples*. (Paris, 1875.)

Luerssen, *Medicinisch, pharmaceutische Botanik*. (Leipzig, 1882.)

TECHNIQUE

Les racines qui font l'objet de ce travail ont été étudiées depuis l'état primaire jusqu'à l'âge adulte ; des coupes ont été aussi faites dans les racines sèches du droguier de l'école de pharmacie.

Il est difficile de pratiquer des coupes dans les jeunes racines, à cause du peu de consistance des tissus. Il faut les durcir en les trempant pendant quelques jours dans l'alcool absolu. Mais il arrive souvent qu'elles se sont recourbées et tordues, elles se cassent dès qu'on veut les redresser. Pour parer à cet inconvénient, on doit les ramollir en les faisant macérer dans du grœnland.

Les racines sont ensuite placées entre deux morceaux de moëlle de sureau qu'on peut introduire dans un microtome. Puis on fait les coupes, soit transversales, soit longitudinales, selon le sens dans lequel la racine a été disposée.

Si c'est dans des racines sèches que l'on veut pratiquer des coupes, comme, par la dessiccation, les éléments anatomiques se plissent et se rétractent, on leur rend l'aspect qu'ils avaient à l'état frais, en faisant bouillir dans de l'eau distillée des fragments des organes que l'on veut examiner ; quand ils sont suffisamment ramollis, on les laisse refroidir.

Si l'on remarque, après examen au microscope, que les tissus sont encore rétractés, il faut alors se servir du procédé suivant qui est emprunté à M. le docteur Lemaire (1) :

(1) A. Lemaire, *De la détermination histologique des feuilles médicinales*. (Nancy, N. Collin, 1882.)

« Un certain nombre de tranches sont mises dans de l'eau distillée additionnée de quelques gouttes d'une solution de potasse à 1/10, et contenue dans une petite capsule en porcelaine. L'appareil est chauffé. Grâce à cette opération, les cellules font disparaître les plis produits par la dessiccation. »

Les racines des Composées sont gorgées d'inuline, principe qui cristallise sous l'action de l'alcool et par la dessiccation. Les cristaux d'inuline gênent beaucoup l'observation. Pour les faire disparaître, j'ai profité de la propriété qu'a l'inuline de se dissoudre dans l'eau à 50° ou 55°.

Pour déterminer le rapport des éléments anatomiques, l'emploi des réactifs colorants est indispensable.

Les deux réactifs suivants ont été seuls employés :

1° La fuchsine dissoute dans l'ammoniaque, qui colore en beau rose les vaisseaux et les fibres (1).

2° La solution d'hématoxyline (2), qui teint en violet les membranes celluloses.

Pour colorer les cellules lignifiées d'une coupe par la fuchsine ammoniacale, il faut d'abord bien laver cette coupe dans l'eau distillée, puis on la trempe pendant quelques secondes dans la solution du réactif, on l'en retire, et on la remet dans l'eau. Au bout de quelques instants, la teinte rose apparaît.

On agit de même pour l'hématoxyline; seulement on doit laisser dans le réactif la coupe qu'on veut colorer, jusqu'à ce qu'elle ait bien pris la teinte violette qu'il faut obtenir.

On peut, si l'on veut, faire agir sur une même coupe ces deux réactifs; le ligneux sera alors coloré en rose, et le bois

(1) Pour préparer la solution de fuchsine, on ajoute à un peu de teinture alcoolique de fuchsine, suffisamment d'ammoniaque pour obtenir une décoloration complète.

(2) La solution d'hématoxyline se prépare en faisant dissoudre dans de l'eau une certaine quantité de ce corps, et en ajoutant à cette solution une suffisante quantité d'alun pour la faire virer au violet.

en violet. Il faudra, dans ce cas, traiter d'abord par la solution de fuchsine, puis bien laver, de manière à enlever toute trace d'ammoniaque, et, seulement après, colorer avec l'hématoxyline.

Pour coaguler le latex des vaisseaux laticifères et les faire ainsi apparaître, le meilleur procédé consiste dans l'usage d'une solution concentrée de potasse, que l'on porte à l'ébullition avec les parties qui doivent être observées.

Si ce sont des coupes qu'on traite ainsi par la potasse bouillante, il faut ne les y laisser séjourner que très peu de temps ; mais si, pour étudier les laticifères, on veut avoir recours à une dissection, la durée du séjour dans la potasse bouillante devra être proportionnelle à la grosseur des fragments.



CHAPITRE I^{er}

HISTOLOGIE GÉNÉRALE

Dans ce chapitre, je me suis proposé d'étudier la constitution anatomique des racines des Composées.

Mes observations personnelles n'ont porté que sur les racines médicinales ; mais j'ai pu comparer les racines d'un assez grand nombre d'espèces, grâce aux travaux de MM. Van Tieghem, Olivier, Trécul, Dutailly, etc.

Ce chapitre a été divisé en deux parties :

La première, traitant de la structure primaire de la racine ;

La seconde, des modifications qu'y apportent les formations secondaires.

PREMIÈRE PARTIE

STRUCTURE PRIMAIRE DE LA RACINE

Dans une racine, le point végétatif se compose d'un petit nombre de cellules mères appelées cellules initiales, et desquelles dérivent tous les tissus.

Ces tissus, de dehors en dedans, sont : la coiffe, l'assise pilifère, qui provient des initiales de la coiffe, l'écorce et le cylindre central.

I. — LA COIFFE.

La coiffe n'offrant ici aucun intérêt, je n'en dirai rien, si ce n'est que c'est un amas de cellules qui recouvre comme une calotte le sommet de la racine. Elle a son maximum d'épaisseur au-dessus du point végétatif, s'amincit à mesure

qu'on s'en éloigne, puis cesse brusquement à quelques millimètres plus bas.

Les cellules externes de la coiffe s'exfolient constamment ; mais, en même temps, au dedans, les cellules initiales qui lui sont propres en produisent de nouvelles. De la sorte, dans une racine, la coiffe a toujours la même épaisseur, à quelque moment qu'on l'examine.

II. — L'ASSISE PILIFÈRE.

L'assise pilifère est formée de cellules généralement petites, allongées dans le sens du rayon de la racine et ne laissant entre elles aucun méat.

Le plus souvent, à une certaine distance du point végétatif, la paroi libre de beaucoup de cellules pilifères présente, en son centre, un bourgeonnement qui, en s'allongeant, deviendra un long poil appelé poil radical. Les cellules pilifères ont, à ce moment, atteint leur plus complet développement ; elles ont l'apparence d'une sorte de marteau, dont le poil constituerait le manche, le corps de la cellule la tête.

Généralement alors, la paroi de ces cellules se colore, elle se cutinise ; puis la cellule ainsi que le poil qu'elle porte se flétrissent, et leurs éléments s'appliquent si bien sur l'assise sous-jacente, qu'ils simulent à sa surface une véritable cuticule.

Dans certains cas, la vie de l'assise pilifère n'est pas si courte ; dans beaucoup de Composées chez lesquelles l'écorce primaire est persistante, le *Tagetes patula* par exemple, les cellules pilifères peuvent rester longtemps persistantes ; dans ce cas, l'assise pilifère devant suivre l'accroissement en diamètre de la racine, ses cellules se multiplient par une série de divisions radiales. Dans le *Gaillardia aristata*, les choses vont plus loin ; l'assise pilifère se cutinise très légèrement et persiste avec ses poils.

On donne souvent à l'assise pilifère le nom d'épiderme ; je n'ai pas voulu employer cette qualification, qui peut tromper sur la valeur morphologique de l'assise pilifère, en la faisant passer à tort comme le correspondant, dans la racine, de l'épiderme dans la tige. En effet : on appelle épiderme, dans la tige, une couche de cellules provenant de l'assise périphérique du méristème primitif. Dans la racine, l'assise périphérique du méristème primitif devient, en se différenciant, l'assise externe de la coiffe, qui s'exfolie. Aussi, dit M. Van Tieghem, les cellules qui occupent la surface de la racine après l'exfoliation de la coiffe, ne méritent pas plus le nom d'épiderme, que celles qui, dans la tige, sont souvent, plus tard, mises à nu par l'exfoliation de l'épiderme lui-même (1). Partant de là, on voit qu'il n'est pas étonnant de ne jamais trouver des stomates sur les racines, puisque ces organes sont des productions exclusivement propres à l'épiderme.

III. — L'ÉCORCE DE LA RACINE.

L'écorce de la racine consiste en un manchon épais de cellules parenchymateuses entourant le cylindre central, qui renferme les éléments du liber et du bois.

Dans l'écorce, au premier abord, on reconnaît deux zones : la plus externe se compose de plusieurs rangées de cellules disposées en lignes concentriques, l'autre comprend un certain nombre d'assises de cellules disposées en files radiales et en lignes concentriques.

§ 1. — Zone externe.

Cette zone se subdivise elle-même en deux parties : l'assise épidermoïdale et la zone parenchymateuse proprement dite.

(1) Van Tieghem, *Traité de botanique*, p. 622.

Les cellules de l'assise pilifère, se flétrissant et mourant très vite, laissent à nu l'assise sous-jacente. Cette assise, la première de la zone externe de l'écorce, est donc appelée à jouer le rôle d'organe protecteur, d'épiderme; c'est à elle qu'on a donné le nom de membrane épidermoïdale. Cette dénomination a été proposée par M. Gérard, qui le premier a remarqué le rôle considérable de cette assise dans la vie de la racine; M. Chatin l'avait créée pour différencier une assise de grandes cellules recouvrant le voile de certaines Orchidées (1).

Les cellules composant la membrane épidermoïdale ont des dimensions plus considérables que les cellules des assises plus internes, et, au lieu d'avoir, comme ces dernières, une forme arrondie, elles sont bien nettement polyédriques; de plus, étant allongées dans le sens du rayon de la racine, elles sont longuement unies entre elles et ne présentent aucun méat. (*Taraxacum dens leonis*, fig. 12, pl. II.)

A mesure que les cellules pilifères se flétrissent et meurent, les cellules composant la membrane épidermoïdale se subérifient, et le tissu qu'elles recouvrent est aussi bien protégé que par un véritable épiderme.

Dans la zone parenchymateuse proprement dite, les cellules disposées en séries concentriques sont parenchymateuses, irrégulières, alternes d'une série à l'autre et ne laissent entre elles aucun méat.

Les cellules de l'assise la plus interne sont les plus développées, et leur dimension diminue d'assise en assise jusqu'à la plus externe, qui comprend les cellules les plus petites. Le développement des cellules est centrifuge dans cette zone.

(1) R. Gérard, *Recherches sur le passage de la racine à la tige*, p. 293. (*Ann. des sc. nat.*, Bot., 6^e série, t. XI.)

§ 2. — Zone interne.

Elle se subdivise aussi en deux parties comme la zone précédente; une partie externe parenchymateuse, et une partie interne formée d'une seule assise de cellules, l'endoderme.

Dans la partie externe, les cellules sont très régulières, de forme cubique, disposées tout à la fois en files radiales et en assises concentriques, et laissent entre elles des méats quadrangulaires.

Le développement des cellules de cette zone est centripète; aussi les plus grandes sont les plus externes. C'est grâce aux dimensions de ces cellules, qui vont en décroissant vers le centre de la racine, que la disposition en files radiales est possible.

M. Olivier explique ainsi pourquoi les cellules de la zone interne présentent entre elles des méats, tandis que celles de la zone externe n'en ont pas.

« Il semble au premier abord, dit-il, que la tendance des parois cellulaires à se dédoubler doive être plus prononcée vers la périphérie, l'accroissement transversal intercalaire de la racine écartant d'autant plus les membranes que celles-ci sont plus éloignées du grand axe du membre. Cependant, en suivant la formation des deux zones depuis le sommet de la racine, j'ai reconnu qu'en général la zone interne se développe plus tôt que la zone externe, et que, chez les espèces où la zone interne présente des méats et la disposition régulière ci-dessus décrite, le nombre des assises de cette zone que possédera la racine âgée est acquis de très bonne heure, tandis que le nombre des assises de la zone externe continue longtemps encore à s'élever. Ainsi, tandis que les cellules de la zone externe se multiplient encore, la zone

interne ne se développe que par l'accroissement de chacun de ses éléments. De là, un étirement des membranes cellulaires qui entraîne la formation des méats » (1).

L'endoderme est l'assise la plus interne et aussi la plus jeune de la zone interne de l'écorce ; ses cellules proviennent de la division tangentielle des cellules qui composent l'avant-dernière rangée de cette zone ; elles leur sont donc exactement superposées ; quelquefois (*Tagetes erecta*) elles leur correspondent deux par deux, par suite de la formation simultanée d'une cloison radiale qui divise en deux les cellules endodermiques.

Les cellules de l'endoderme sont remarquables par certains caractères particuliers.

Leur forme est celle de prismes quadrangulaires ; elles sont toujours intimement unies par leurs faces latérales et transverses ; ce qui les rend remarquables, c'est qu'elles portent sur ces faces une sorte de cadre formé d'une série de petits plissements qui, s'engrénant avec ceux des cellules voisines, les réunissent fortement. Ces cadres de plissements sont très rapprochés de la face interne des cellules.

Dans une coupe transversale, ils forment sur les faces transverses des cellules de petites raies sombres et sur les parois des faces latérales de petits épaississements. (*Inula*, *Lappa*, *Anacyclus*, etc.)

La membrane des cellules endodermiques se cutinise dans la suite et présente alors toutes les réactions de la cutine, c'est-à-dire qu'elle se colore en jaune ou en brun par l'iode et par le chlorure de zinc iodé, en rose par la fuchsine, résiste à l'action du *Bacillus amylobacter*, etc.

On verra que les cellules de l'endoderme, primitivement

(1) Olivier, *loc. cit.*, p. 33.

simples, se dédoublent vis-à-vis des îlots libériens par une cloison tangentielle pour concourir à la formation des canaux sécréteurs ; on verra aussi que des dédoublements semblables peuvent se produire en d'autres points de la membrane protectrice, sans qu'il y ait pour cela formation de canaux sécréteurs.

De plus, les cellules qui bordent les canaux sécréteurs peuvent encore se diviser par une cloison tangentielle : aussi bien celles de l'assise interne que celles de l'assise externe de la membrane protectrice dédoublée.

On se rappelle que l'endoderme a été défini : « L'assise la plus interne et aussi la plus jeune de la zone interne de l'écorce ; ses cellules proviennent de la division tangentielle des cellules qui composent l'avant-dernière assise de cette zone. »

Une question se présente donc ici :

Doit-on considérer le dédoublement tangentiel dont il vient d'être parlé comme s'étant produit dans l'endoderme, et comprendre sous le nom d'endoderme toutes les assises de cellules résultant de ces divisions ? Ou bien, faut-il penser que la division tangentielle des cellules de l'écorce n'a fait que continuer et que l'assise la plus interne doit seule être appelée endoderme ?

Dans ce dernier cas, les cellules de la membrane protectrice, à un certain moment, n'auraient plus les mêmes dimensions : la paroi tangentielle de ses cellules étant prise pour base, la hauteur des unes serait presque double de celle des autres.

La définition qui a été donnée de l'endoderme et qui est la définition classique est, on le voit, trop large et laisse le champ libre à différentes opinions.

C'est pourquoi j'ai cru devoir introduire ici l'exposé dé-

taillé que fait M. Van Tieghem de l'endoderme du *Tagetes patula* et qui montre bien comment il comprend cette membrane.

« Ce sont les éléments de la dernière assise de cette zone interne (la zone interne du parenchyme cortical) qui sont marqués, sur leurs faces latérales et transverses, de plissements échelonnés, très courts et très rapprochés de leur face interne, plissements par le moyen desquels ils s'engrènent fortement les uns aux autres pour former une membrane résistante, entièrement distincte du tissu qui précède et du tissu qui suit. Considérée par rapport à l'écorce à laquelle elle appartient et qu'elle termine, elle en est l'endoderme ; considérée par rapport au cylindre central qu'elle revêt, elle en est la membrane protectrice. Elle constitue un excellent repère pour déterminer la position des différents groupes d'éléments anatomiques » (1).

On le voit, M. Van Tieghem considère *l'endoderme une fois différencié comme une membrane entièrement distincte du tissu qui précède et du tissu qui suit.*

D'un autre côté, on peut remarquer que MM. Van Tieghem, Olivier, Gérard, considérant l'endoderme comme il vient d'être dit, le jugent capable de se diviser, sur certains points, en plusieurs assises.

« Les cellules de l'endoderme qui correspondent aux îlots libériens, dit M. Van Tieghem, d'abord simples, se sont agrandies dans le sens du rayon, puis dédoublées, par une cloison tangentielle extérieure aux plissements, en deux éléments superposés ; l'élément le plus interne est plus petit que l'autre, et porte le cadre de plissements » ; les coins des nouvelles cellules s'arrondissent ensuite et les étroits méats

(1) Van Tieghem, *Canaux sécréteurs des plantes*, p. 100.

qui résultent de leur écartement deviendront les canaux sécréteurs ; « ces canaux font partie de l'écorce primaire, puisqu'ils sont entaillés dans la membrane protectrice. » Et, plus loin : « Je n'ai rencontré aucun canal oléifère dans la majorité des Chicoracées, à la place où la racine des Composées en possède toujours, et la membrane protectrice y demeure simple aussi bien en dehors des faisceaux libériens que des faisceaux vasculaires » (1).

De son côté, M. Olivier : « Les cellules oléifères, dit-il, appartiennent à l'endoderme ; cette membrane peut rester simple ou se diviser tangentielllement en deux assises » (2).

M. Gérard dit aussi, à propos de la racine de *Carthamus tinctorius* : « Le pivot présente le type binaire ; sa structure serait normale sans le dédoublement de l'endoderme en face des faisceaux libériens, dédoublement qui donne naissance aux canaux sécréteurs » (3).

On voit que, pour tous ces auteurs, c'est l'endoderme qui se divise en plusieurs assises.

Cependant une phrase de M. Van Tieghem ferait croire qu'on ne doit appeler endoderme, membrane protectrice, que l'assise des cellules plissées : « Les cellules plissées ne se divisant jamais par des cloisons tangentielles, les canaux oléifères un peu élargis demeurent toujours appliqués immédiatement contre la membrane protectrice » (4).

Les canaux sécréteurs étant ici *contre* la membrane protectrice, ne seraient donc plus *dedans*.

Évidemment, il n'y a là qu'une confusion de mots et M. Van Tieghem a voulu entendre par membrane protectrice, l'assise des cellules plissées.

(1) Van Tieghem, *Canaux sécréteurs des plantes*, p. 103, 104 et 128.

(2) Olivier, *loc. cit.*, p. 41.

(3) Gérard, *loc. cit.*, p. 367.

(4) Van Tieghem, *Canaux sécréteurs des plantes*, p. 106.

D'accord avec les botanistes autorisés que je viens de citer, je considère l'endoderme une fois différencié comme une assise entièrement distincte des tissus voisins, assise dont les cellules sont capables de se dédoubler par des cloisons tangentielles.

IV. — LE CYLINDRE CENTRAL.

Le cylindre central se compose d'une assise rhizogène ou péricambium, d'éléments vasculaires et libériens; il comprend en outre du tissu conjonctif.

Il commence par l'assise rhizogène. Les cellules qui composent cette assise ne forment qu'un seul rang; elles sont à parois minces toujours cellulósiques, remplies de protoplasma, et alternent avec les cellules de l'endoderme, auxquelles elles sont intimement unies. Cette alternance, succédant tout à coup à la superposition radiale, rend bien nette la ligne de démarcation de l'écorce et du cylindre central.

Le péricambium, lors des formations secondaires, est appelé à jouer un rôle important qui sera étudié tout à l'heure; c'est encore lui qui contient, en face des lames vasculaires, les cellules mères des radicelles; c'est pour cette raison qu'on lui a donné le nom d'assise rhizogène.

Si l'on considère le pivot d'une jeune racine de Composée, on voit qu'il se forme contre la membrane rhizogène, en deux points diamétralement opposés, un vaisseau étroit, annelé ou spiralé et toujours fermé, puis contre ce vaisseau il ne tarde pas à se former trois ou quatre autres vaisseaux, dont le calibre est de plus en plus gros à mesure que l'on se rapproche du centre. Ces gros vaisseaux, qui sont généralement ponctués et scalariformes, sont toujours ouverts.

C'est le plus petit vaisseau appuyé contre la membrane rhizogène qui est le plus âgé; le vaisseau du plus fort calibre

et le plus rapproché du centre de la racine est le plus jeune.

Les deux lames vasculaires centripètes viennent se toucher au centre; leur ensemble a alors l'apparence d'un fuseau renflé en son milieu et aminci à ses extrémités.

Les premiers éléments libériens se forment aussi tout contre la membrane rhizogène aux extrémités du diamètre perpendiculaire à celui qui passe par les lames vasculaires; ils alternent donc avec elles. Le liber se forme par voie de différenciation centripète. On rencontre des cellules grillagées dans le liber de la *Centaurea atropurpurea*, dans celui des *Hélianthus*, etc.; cependant les cellules grillagées, quoique étant l'élément caractéristique du liber, font quelquefois défaut; M. Van Tieghem n'en a pas trouvé dans le liber du *Tagetes patula*, par exemple.

Les îlots libériens sont plus élargis dans le sens de la circonférence que les lames vasculaires; mais ils se projettent moins loin qu'elles vers le centre.

On voit que le pivot est généralement construit sur le type deux dans les Composées.

Si, au lieu d'un pivot, on examine une racine adventive, les choses peuvent ne pas se passer tout à fait de même; quelquefois c'est aussi une racine binaire; mais souvent le cylindre central, plus large, contiendra un plus grand nombre de lames vasculaires et d'îlots libériens. Ce nombre peut varier dans une même espèce, et, dans une même racine, il est plus grand à la base et diminue vers la pointe. Dans l'*Inula helenium*, par exemple, on trouve, dans une racine adventive, tantôt quatre, tantôt cinq lames vasculaires et autant d'îlots libériens; on en trouve deux et trois dans l'*Anacyclus pyrethrum*, neuf à dix dans le *Conyza Gouani*, huit à dix dans l'*Eupatorium aromaticum*.

Les lames vasculaires et les îlots libériens ne se touchent pas ; ils sont séparés par deux rangées de cellules prismatiques parenchymateuses, alternant d'une rangée à l'autre ; c'est le tissu formé par ces cellules qu'on a appelé tissu conjonctif ; ce sont les cellules de la rangée la plus externe qui, devenant rhizogènes, formeront plus tard le liber et le bois secondaires. On peut voir, dès maintenant, que les premiers vaisseaux provenant de l'arc générateur formé par ces cellules seront très rapprochés des éléments du bois primaire.

Le tissu conjonctif, tel qu'on vient de le voir, est à son minimum de développement ; mais, dans les racines qui possèdent au moins cinq lames vasculaires, le cylindre central a un diamètre tel qu'elles ne peuvent se toucher au centre : c'est le tissu conjonctif, plus développé, qui remplit l'espace qu'elles laissent ainsi entre elles. En cet endroit, le tissu conjonctif est généralement parenchymateux ; cependant quelquefois il est fibreux. (*Eupatorium aromaticum*.)

On appelle moelle la région centrale du tissu conjonctif ; rayons médullaires, les lames qui passent entre les faisceaux et font communiquer la moelle avec l'assise rhizogène, qui n'est après tout que la partie la plus externe du tissu conjonctif.

Les radicules se produisent vis-à-vis des lames vasculaires ; ce sont, comme il a déjà été dit, les cellules de l'assise périphérique du cylindre central, qui, devenant rhizogènes, se cloisonnent à la fois pour former les groupes d'initiales diversement spécialisées, desquelles naîtront tous les tissus de la radicule.

Quand la radicule est binaire, le plan des deux faisceaux ligneux est longitudinal, c'est-à-dire parallèle à l'axe de la racine sur laquelle cette radicule s'est produite.

V. — LES CANAUX SÉCRÉTEURS.

On appelle canal sécréteur une cavité dépourvue de parois propres, limitée immédiatement par les éléments entre lesquels elle s'étend, et constituée par l'élargissement de certains méats intercellulaires superposés en files plus ou moins rectilignes.

L'expression de canal sécréteur est impropre, cela est évident, puisque le canal ne sécrète rien lui-même, et se borne à recevoir les sécrétions des cellules qui le bordent ; mais enfin elle est admise par tout le monde.

On a vu dans l'historique que, pour M. Van Tieghem, c'est dans l'endoderme même que sont situés les canaux sécréteurs.

Les cellules de la membrane protectrice qui se trouvent vis-à-vis les îlots libériens, d'abord simples, s'agrandissent dans le sens du rayon, puis se divisent par une cloison tangentielle ; ensuite les coins des nouvelles cellules s'arrondissent, et, en s'écartant, laissent entre eux d'étroits méats. Dans toute la longueur de la racine, ces méats disposés en files rectilignes se correspondent ; ce sont les canaux sécréteurs.

On a vu aussi que M. Olivier, écrivant en 1881, reconnaît que les canaux sécréteurs peuvent occuper deux places dans la racine. Pour lui, ils sont ou creusés dans l'endoderme, comme précédemment, ou bien situés sur la paroi externe des cellules endodermiques non dédoublées.

Je suis d'accord avec M. Van Tieghem, et je ne puis l'être avec M. Olivier, qui pourtant s'appuie sur M. Van Tieghem, comme le prouve le passage que j'ai cité dans l'historique. (*Scolymus grandiflorus*.)

Je dois cependant avouer que, dans certains cas, toutes les

apparences donnent raison à M. Olivier. En effet, dans quelques racines de *Lappa major* (fig. 5, pl. I), les canaux sécréteurs paraissent creusés sur la paroi externe de l'endoderme.

M. Olivier, étant donné ce qui est admis jusqu'à présent, ne pouvait les placer ailleurs.

On admet en effet que les cellules de l'endoderme ne se divisent que *vis-à-vis des îlots libériens*, et que *toutes* ont, entre leurs parois dédoublées, des canaux sécréteurs.

Or, il n'en est pas ainsi. J'ai vu, dans certaines racines, des cellules de la membrane endodermique, autres que celles qui sont placées vis-à-vis des îlots libériens, se diviser par une cloison tangentielle, les cellules dédoublées situées en face du liber primaire concourant seules à la formation des méats oléifères. De plus, dans certains cas, j'ai pu constater que *toutes* les cellules de la membrane protectrice étaient divisées en deux par une cloison tangentielle (1).

Dès lors il est facile de comprendre la cause de l'erreur commise par M. Olivier. En effet, quand toutes les cellules de l'endoderme sont dédoublées, la membrane endodermique paraît être restée simple, puisqu'il n'y a plus de cellules non dédoublées pour témoigner du dédoublement qu'ont subi les autres cellules de l'endoderme.

C'est, selon moi, le dédoublement de toutes les cellules de l'endoderme qui a pu conduire M. Olivier à dire que quelquefois les canaux sécréteurs se trouvaient situés sur la face externe des cellules endodermiques non dédoublées.

De plus, on a vu que, pour la tribu des Chicoracées, M. Van Tieghem distingue trois cas :

(1) M. le docteur Vuillemin, chef des travaux pratiques d'histoire naturelle à la Faculté de médecine, dans un travail qui n'a pas encore été publié, a étudié le *Senecio paludosus*.

Il a vu dans la racine de cette plante, toutes les cellules de l'endoderme se dédoubler par une cloison tangentielle; il a aussi remarqué que les seules cellules placées vis-à-vis des îlots libériens concouraient à la formation des canaux sécréteurs.

D'abord le *Scolymus grandiflorus*, où des canaux sécréteurs coexistent avec des vaisseaux latificères; puis, des racines où l'on remarque encore un dédoublement de l'endoderme vis-à-vis des îlots libériens; et enfin d'autres, où l'endoderme ne paraît pas dédoublé.

M. Van Tieghem considère avec raison ce dédoublement de l'endoderme comme une trace de canaux sécréteurs.

En effet, c'est par là que débute toujours les canaux sécréteurs. On voit une cellule endodermique s'allonger dans le sens radial, puis se diviser tangentiellement; le méat oléifère se forme ensuite

Pour ces racines, où l'on ne trouve que cette trace de canaux sécréteurs, deux explications sont possibles : ces racines sont en voie de former des canaux sécréteurs, ou bien elles en possédaient autrefois; mais, par suite de certaines circonstances, ces canaux devenus inutiles se seraient atrophiés; le dédoublement de l'endoderme en serait la dernière trace.

Sans vouloir approfondir cette question, je me borne à regarder, avec M. Van Tieghem, ce dédoublement de l'endoderme comme une trace des canaux sécréteurs.

M. Van Tieghem cite quelques racines de Chicoracées où l'endoderme n'est même plus dédoublé.

Parmi ces racines, j'ai étudié le *Taraxacum dens leonis* et le *Taraxacum serotinum*, et j'ai vu que dans quelques-unes l'endoderme n'était pas dédoublé, et que dans d'autres il l'était vis-à-vis des îlots libériens. J'en ai conclu que ces racines possédaient toujours, elles aussi, des traces de canaux sécréteurs, mais que quelquefois le dédoublement était voilé par suite de la division tardive de toutes les cellules de l'endoderme.

Peut-être trouvera-t-on une trace de canal sécréteur plus

rudimentaire encore, consistant en un simple allongement, dans le sens radial, des cellules placées vis-à-vis des îlots libériens.

Je vais prouver ce que j'avance par les exemples suivants :

EXEMPLE I. — Si l'on fait une coupe transversale d'une jeune racine d'*Anacyclus pyrethrum* (pl. I, fig. 1), on voit d'abord, vis-à-vis de chacun des îlots libériens, quatre cellules de l'endoderme, qui, s'étant dédoublées tangentielle-ment, ont concouru à la formation de méats oléifères. On voit ensuite que d'autres cellules endodermiques présentent le même dédoublement, tantôt une, tantôt deux à deux ; on voit même une série de sept cellules dédoublées ainsi, même en face d'une lame vasculaire (1).

On pourra m'objecter que la racine que je donne en exemple présente déjà quelques formations secondaires, et que ces divisions de l'endoderme en font partie. Mais toutes les divisions de l'endoderme sont des formations secondaires, même celles qui sont placées en face des îlots libériens, puisque à l'origine, en cette place, les cellules endodermiques étaient simples. Les divisions que j'ai signalées dans les autres parties de l'endoderme ont pu se produire, je l'admets, un peu plus tard que les premières ; mais je ne vois là rien qui puisse infirmer ce que j'ai avancé ; du reste, dans la seconde partie de ce chapitre on pourra voir ce que l'on a admis jusqu'à présent relativement aux formations secondaires dans l'endoderme.

EXEMPLE II. — On a vu plus haut que M. Olivier a pré-

(1) Sur la figure, on voit que certaines cellules de l'endoderme se sont divisées aussi par des cloisons radiales, et même dans l'assise externe de l'endoderme, au-dessus d'un canal sécréteur, on voit des divisions tangentielles. Il ne faut pas s'occuper ici de ces formations secondaires, leur étude sera faite dans la seconde partie de ce chapitre. Cette remarque est aussi applicable aux figures des exemples qui suivent.

senté la racine du *Lappa major* comme possédant des canaux sécréteurs sur la face externe de l'endoderme. J'ai fait de nombreuses coupes dans cette racine et toutes les apparences, comme on peut le voir sur la fig. 5, pl. I, semblaient confirmer l'hypothèse de M. Olivier. Cependant, sur quelques coupes (pl. I, fig. 4), j'ai trouvé les cellules de l'endoderme dédoublées sur deux grands arcs, correspondant aux îlots libériens, comprenant chacun quinze canaux sécréteurs, et les extrémités d'un de ces arcs n'étaient séparées de celles de l'arc opposé que par une seule cellule non dédoublée se trouvant vis-à-vis d'une lame vasculaire.

Dans le *Lappa major*, il y aurait donc deux cas à considérer : dans l'un les canaux sécréteurs occuperaient la même place que dans le *Tagetes patula* ; dans l'autre, ils seraient sur la paroi externe. A priori, cela ne paraît pas impossible ; car M. Van Tieghem dit, à propos du *Tagetes patula* : « On voit quelquefois l'huile verte remplir aussi quelques-uns des méats plus larges qui existent entre les cellules protectrices dédoublées et celles de l'avant-dernière assise corticale. Mais cela n'est qu'accidentel. »

Dans la racine du *Lappa major*, ce qui n'est qu'accidentel pour le *Tagetes patula* serait donc la règle, d'après M. Olivier. Mais alors il me paraîtrait étrange qu'on ne retrouvât pas au moins, comme il arrive dans la racine de *Chicorium Intybus*, dans celle du *Lampsana communis*, etc., une trace des canaux sécréteurs à leur place habituelle, trace caractérisée par le dédoublement de l'endoderme. Il me paraît plus rationnel de croire que, dans le cas présent, toutes les cellules de l'endoderme ont subi la division tangentielle, et cela est d'autant plus vraisemblable que l'on vient de voir ce qui se passe dans l'*Anacyclus pyrethrum*.

EXEMPLE III. — « Chez l'*Echinops exaltatus*, l'endoderme

ne se dédouble généralement pas..... les canaux sécréteurs sont situés sur la face externe de l'endoderme (1). » M. Olivier reconnaît par cette phrase que, là aussi, les canaux sécréteurs occupent deux places différentes, comme dans le cas précédent ; je ne le crois pas ; et ce que j'ai dit pour le *Lappa major*, je le répète pour l'*Echinops exaltatus*.

EXEMPLE IV. — Sur la coupe transversale d'une racine d'*Inula helenium* construite sur le type cinq, en face de chaque îlot libérien, on trouve quatre à cinq canaux sécréteurs creusés dans l'endoderme dédoublé. On peut remarquer encore qu'ici la membrane protectrice s'est dédoublée vis-à-vis de trois des lames vasculaires. (Pl. II, fig. 14).

EXEMPLE V. — Pour terminer, je prends comme exemple le *Taraxacum dens leonis*. Ici, la racine ne possède pas de canaux sécréteurs ; M. Van Thiegem n'en a même pas trouvé la trace, c'est-à-dire un dédoublement de l'endoderme à la place habituelle.

J'ai examiné un grand nombre de coupes faites dans la racine de cette plante, et, dans beaucoup, j'ai constaté un dédoublement tangentiel de l'endoderme vis-à-vis du liber primaire. (Pl. II, fig. 13.)

Il y aurait donc des racines de *Taraxacum dens leonis* présentant des traces de canaux sécréteurs, et d'autres n'en présentant point.

Il m'a semblé plus conforme à la vérité de voir là un cas analogue à celui du *Lappa*, où tantôt toutes les cellules de l'endoderme sont dédoublées, tantôt celles seulement qui sont vis-à-vis du liber.

Si cela est vrai, il y aurait donc toujours dans la racine de *Taraxacum dens leonis* des traces de canaux sécréteurs.

(1) Olivier, *loc. cit.*, p. 96.

Les racines de *Taraxacum serotinum* m'ont donné des résultats absolument identiques.

Je crois que, si dans les autres racines analogues à celles du *Pissenlit*, telles que celles de l'*Hieracium cymosum*, du *Lactuca sativa*, de l'*Hypochæris radicata*, etc., on n'a vu ni canaux sécréteurs, ni traces de ces canaux, cela tient à ce que toutes les cellules endodermiques sont dédoublées, et je suis persuadé qu'en pratiquant des coupes sur un grand nombre de sujets appartenant à ces espèces, on trouverait des cas où quelques-unes des cellules, qui sont en face des lames vasculaires, n'auraient pas subi de division tangentielle.

Dès lors, ne pourrait-on pas dire que *toutes* les racines appartenant à la famille des Composées possèdent des canaux sécréteurs ou des traces de ces canaux, caractérisées par un dédoublement tardif de l'endoderme ?

C'est une induction peut-être téméraire, bien qu'elle soit justifiée par plusieurs exemples. J'aurais voulu pouvoir étudier à ce point de vue toutes les racines où l'on n'a pas encore trouvé de traces de canaux sécréteurs ; malheureusement, les circonstances ne m'ont pas permis d'entreprendre cet examen ; j'ai dû publier ces résultats, quelque incomplets qu'ils puissent être, me réservant de continuer cette étude, quand le temps me le permettra.

D'autres familles des plantes dicotylédones, les Ombellifères, les Térébinthacées, les Burséracées, ont des canaux sécréteurs ; mais ils appartiennent au cylindre central ; on en trouve dans l'écorce des Clusiacées ; mais les Composées seules les possèdent creusés dans l'endoderme.

SECONDE PARTIE

STRUCTURE SECONDAIRE DE LA RACINE

I. — L'ÉCORCE.

Dans les racines des Composées, le protoplasma des cellules de certaines assises du cylindre central entre en activité à un moment donné, et ces cellules, par des divisions successives, forment alors de nouveaux tissus.

Afin de suivre le mouvement d'extension du cylindre central, les cellules de l'écorce sont obligées de se diviser à leur tour pour former de nouvelles cellules.

Deux cas sont alors à considérer : les cellules de l'écorce forment, par des divisions successives, assez de cellules nouvelles pour que les tissus qui la composent puissent, sans se déchirer, suivre le mouvement d'extension du cylindre central ; alors l'écorce primaire persiste ; ou le contraire arrive, et elle s'exfolie.

§ 1. — L'écorce primaire est persistante.

On voit alors les cellules composant l'endoderme et celles du parenchyme cortical se diviser par des cloisons radiales ; puis, chaque cellule nouvelle se diviser encore en deux de la même façon, et ainsi de suite, aussi longtemps que dure l'accroissement du cylindre central.

Il se fait aussi, dans quelques-unes des cellules du parenchyme, un cloisonnement tangentiel ; mais la division dans ce sens est rare et n'a lieu qu'une seule fois dans une même cellule. (*Tagetes*, *Echinops*, *Lappa*, etc.).

Pendant que ces phénomènes se produisent, toujours assez tard, et quand la racine est déjà âgée, les cellules de l'assise

située au-dessous de la membrane épidermoïdale se divisent tangentielllement pour former du liège. Par suite de cette segmentation tangentielle, les cellules du liège, toujours quadrangulaires, sont disposées en séries radiales et en lignes concentriques.

L'assise pilifère, si déjà elle n'a pas disparu, et la membrane épidermoïdale s'exfolient à mesure que le liège se forme. Il s'exfolie aussi lui-même sur son bord externe à mesure qu'il se régénère au dedans ; son épaisseur est peu considérable, car très vite, pour chaque assise subéreuse nouvelle formée au dedans, une assise ancienne s'exfolie au dehors.

C'est généralement du liège mou que l'on trouve dans les racines des Composées ; cependant, dans l'*Anacyclus pyrethrum*, j'ai vu, au milieu du liège mou, des cellules à parois très épaisses, isolées ou réunies par groupes de deux ou trois, et se colorant en jaune, comme les autres cellules subéreuses, par le chloro-iodure de zinc après traitement par l'acide nitrique bouillant.

Il y a là quelque chose d'analogue au périoderme, à cette différence près que les cellules du périoderme proprement dit forment des assises continues, alternant régulièrement avec des assises de liège mou.

§ 2. — L'école primaire s'exfolie.

Dans ce cas, comme dans le précédent, on voit encore les cellules de l'endoderme et celle du parenchyme cortical se diviser par des cloisons radiales ; seulement, l'accroissement de l'écorce n'est plus en rapport avec celui du cylindre central ; le diamètre de ce dernier augmente très rapidement ; aussi voit-on des lacunes se former dans l'écorce ainsi distendue ; en même temps les cellules de l'assise la plus

interne de l'écorce se flétrissent, meurent, puis s'exfolient jusqu'à et y compris l'endoderme, qui disparaît le dernier.

J'ai remarqué, dans le *Taraxacum dens leonis*, par exemple, que souvent, après qu'une assise de cellules s'est exfoliée, beaucoup des cellules de l'assise sous-jacente, qui se trouvent, par suite, en contact avec l'extérieur, se divisent tangentiellement pour former du liège, absolument comme si la dénudation provenait d'une blessure accidentelle.

Le liège ainsi formé se flétrit très rapidement, puis s'exfolie. Le même phénomène se reproduit alors dans les cellules de l'assise qui vient ensuite.

II. — LE CYLINDRE CENTRAL.

Dès le début de la période secondaire, on voit, dans le cylindre central, les cellules conjonctives de l'assise immédiatement en contact avec les éléments libériens se doubler par des cloisons tangentielles ; puis les deux nouvelles cellules ainsi formées se divisent à leur tour, l'externe en direction centripète, l'interne en direction centrifuge, et il est ainsi formé deux massifs d'éléments en séries radiales, éléments qui ne tarderont pas à se différencier ; ceux du massif interne centrifuge pour former du tissu ligneux ; ceux du massif externe et centripète, pour donner naissance aux éléments constitutifs du liber : il se forme donc un faisceau libéro-ligneux en face de chaque îlot de liber primaire. Ce faisceau, en se développant, prend son point d'appui sur le centre de la racine, et refoule au dehors le liber primaire. De la sorte, l'assise génératrice, qui d'abord était concave, devient plane, puis convexe.

Bientôt après, les cellules de la membrane rhizogène, qui séparent les lames vasculaires de l'endoderme, deviennent

actives et se divisent par des cloisons tangentielles, de telle façon que, quand les arcs générateurs du bois et du liber secondaires, dans leur déplacement vers l'endoderme, arrivent à faire partie d'une circonférence tangente aux lames de bois primaire, ils sont réunis l'un à l'autre par l'intermédiaire de la moitié interne des cellules rhizogènes dédoublées. Un arc générateur continu a donc pris naissance dans le cylindre central.

Deux cas se présentent alors : ou bien les cellules rhizogènes, devenues génératrices, forment du liber à l'extérieur et du bois à l'intérieur, et il en résulte un anneau libéro-ligneux continu (*Taraxacum*); ou bien cette partie de l'assise génératrice se différencie seulement en un large rayon de parenchyme qui, étant superposé aux lames de bois primaire, occupe sans interruption toute la longueur de la racine. Ces rayons parenchymateux ont été appelés *grands rayons*.

Plus tard, dans les arcs libéro-ligneux, il peut se former des rayons parenchymateux qui les partagent en plusieurs compartiments. Ces nouveaux rayons, appelés *petits rayons*, sont de tout point analogues aux rayons médullaires des tiges, et, comme eux, se prolongent d'autant moins dans l'intérieur du membre qu'ils ont été formés plus tard.

Le bois secondaire n'est plus constitué, comme dans les racines primaires, uniquement par des vaisseaux; il offre aussi du tissu fibreux et du tissu parenchymateux.

Ainsi, dans la racine de *Chicorium intybus*, le tissu ligneux est formé de vaisseaux largement ouverts, au milieu de cellules ligneuses à parois épaisses; les racines d'*Inula helenium*, de *Taraxacum*, etc., ont un tissu ligneux formé de vaisseaux et de parenchyme ligneux. Dans le tissu ligneux un seul élément est constant : les vaisseaux.

A première vue, on a pu constater que les premiers vais-

seaux formés devaient être très rapprochés des éléments du bois primaire; il arrive même souvent que ces vaisseaux sont directement en contact avec les vaisseaux primaires.

Le liber primaire se compose d'éléments grillagés de liber fibreux et de liber parenchymateux. Dans certaines racines on peut trouver tous ces éléments réunis; mais le plus souvent il n'en est pas ainsi.

Pendant que tous ces phénomènes se passent, les cellules de l'assise rhizogène (il n'est plus question des cellules de cette assise placées au-dessus des lames de bois primaire), qui longtemps se sont segmentées seulement par des cloisons radiales, pour se prêter à l'extension progressive du cylindre central, redeviennent à un certain moment, génératrices, se divisent dans tous les sens radialement, tangentielllement, obliquement, et forment ainsi un nouvel anneau de méristème secondaire.

Tantôt toutes les cellules rhizogènes redeviennent à la fois génératrices, tantôt certaines cellules entrent en activité avant les autres; dans le *Lappa major*, il en est ainsi: ce sont les cellules placées directement au-dessus des îlots de liber primaire qui les premières présentent des divisions tangentielles; les autres cellules ne commencent à se diviser que plus tard. (Pl. I, fig. 4.)

Deux cas sont à considérer, selon que l'écorce primaire persiste ou s'exfolie. Dans le premier cas, les cellules de l'assise génératrice extra-libérienne ne découpent de segments que vers l'intérieur et forment un tissu parenchymateux, une *écorce secondaire*.

Si l'écorce primaire s'exfolie, le méristème découpera non seulement, comme précédemment, des segments vers l'intérieur pour former l'écorce secondaire; mais il en découpera aussi vers l'extérieur, en direction centrifugé, qui se diffé-

rencieront en une couche de liège revêtant toute la périphérie du cylindre central.

Au milieu de toutes ces formations, les îlots de liber primaire, qui se trouvent entre le liber et l'écorce secondaires, subissant une compression dans les deux sens, s'aplatissent, puis arrivent à n'avoir plus l'apparence que d'une ligne assez épaisse au milieu des tissus secondaires.

D'autres causes contribuent encore à augmenter le diamètre du cylindre central. Dans les *Lappa*, les *Chicorium*, les *Taraxacum*, etc., au centre de la racine, autour de certains vaisseaux et notamment des vaisseaux du bois primaire, on voit des cellules parenchymateuses s'allonger radialement, puis se diviser par des cloisons tangentielles. Ces divisions se renouvellent, et il se forme alors, au centre de la racine, une sorte de moelle au milieu de laquelle on voit les vaisseaux épars, et, tout à fait au centre, les vaisseaux primaires. (Pl. II, fig. 15.)

Les vaisseaux secondaires, qui étaient appliqués immédiatement contre les vaisseaux primaires, en sont maintenant séparés par du parenchyme qui semble, en s'insinuant entre eux, les avoir forcés à se disjoindre.

Cette disjonction des vaisseaux n'a pu se faire ainsi, c'est évident ; voici comment je l'explique :

Prenons comme exemple la racine de *Lappa major*. Deux assises de cellules conjonctives séparent les lames vasculaires des îlots libériens dans la période primaire.

Dans la suite (pl. I, fig. 4), les éléments vasculaires secondaires sont, ou plutôt paraissent appliqués immédiatement contre les vaisseaux primaires ; l'assise conjonctive interne a été comprimée entre ces éléments.

Je crois que, malgré la compression qu'elles ont subie, les cellules conjonctives ne sont pas mortes, et que ce sont elles

qui, à un moment donné, redevenant actives, ont produit les formations dont il vient d'être parlé.

Il est bien entendu que toutes les nouvelles formations que l'on trouve au centre de la racine ne sont pas dues à l'activité des cellules de l'assise conjonctive ; les seuls nouveaux tissus qui se trouvent entre les lames de bois primaire et les vaisseaux secondaires en dérivent ; sur la fig. 15, pl. II, autour de certains vaisseaux, on peut remarquer encore des formations nouvelles ; mais celles-là sont produites par la division des cellules du parenchyme ligneux.

Dans certaines racines, le parenchyme ligneux se segmente encore tardivement pour former des couches annulaires.

Ainsi dans la « Chicorée à grosses racines de Bruxelles », il peut arriver que l'axe ligneux devienne le siège d'une segmentation cellulaire qui le subdivise longitudinalement en deux cylindres emboîtés l'un dans l'autre : l'un, extérieur, limité en dehors par la couche génératrice normale de la racine ; l'autre, intérieur, limité extérieurement par la couche génératrice de seconde formation.

Dans les grosses racines du *Taraxacum dens leonis*, souvent il se forme, non loin du centre, en plein tissu ligneux, une couche génératrice analogue à la première. Parfois même, une troisième vient s'intercaler entre les deux autres (1).

III. — LES CANAUX SÉCRÉTEURS ET LES ORGANES DE SÉCRÉTION.

On se rappelle ce que deviennent, selon M. Van Tieghem, les canaux sécréteurs au milieu des formations secondaires, quand l'écorce primaire persiste.

Les cellules de la membrane protectrice s'étendent tangen-

(1) Dutailly, *loc. cit.*, p. 40.

tiellement, se divisent ensuite en deux par une cloison radiale plissée, puis chaque cellule nouvelle se divise en deux de la même façon, et ainsi de suite ; mais jamais, entre les nouvelles cellules, il ne se produit de méats oléifères. Au bout d'un certain temps, les canaux sécréteurs, qui primitivement n'étaient séparés l'un de l'autre que par une seule largeur de cellule, le sont par un nombre plus ou moins grand de nouvelles cellules plissées.

M. Van Tieghem insiste particulièrement sur ce fait que : « les cellules plissées ne se divisant jamais par des cloisons tangentiellles, les canaux oléifères un peu élargis demeurent toujours appliqués immédiatement contre la membrane protectrice. »

Cette affirmation de M. Van Tieghem est trop absolue.

J'ai vu dans certaines racines du *Lappa major*, du *Lappa tomentosa* et de l'*Anacyclus pyrethrum*, les cellules plissées, bordant le côté interne d'un canal sécréteur, se diviser par des cloisons tangentiellles ; les canaux sécréteurs n'étaient plus alors appliqués immédiatement contre l'assise des cellules plissées, mais en étaient séparés par un rang de cellules.

Si l'on examine des racines âgées, on constate que les canaux sécréteurs sont séparés de l'assise plissée par plusieurs rangs de cellules ; la division tangentielle s'est par conséquent répétée plusieurs fois.

EXEMPLE I. — Dans la racine du *Lappa major*, les cellules de l'endoderme se divisent d'abord par des cloisons radiales ; mais, de plus, les cellules de l'assise externe de l'endoderme dédoublé se divisent par des cloisons tangentiellles et obliques. (Pl. I, fig. 7.)

Dans chacune des cellules plissées qui bordent le côté interne d'un méat, il se forme généralement de nouvelles

cloisons radiales, assez rapprochées du méat, cloisons qui se prolongent ordinairement dans les cellules déjà divisées tangentielllement ou obliquement de l'assise externe de l'endoderme. (Pl. I, fig. 7.)

On voit ensuite les cellules plissées (pl. I, fig. 8 et 9) qui se trouvent sur le côté interne d'un canal sécréteur se diviser par des cloisons obliques et tangentielles.

Le canal sécréteur est donc séparé ici de l'assise des cellules plissées par un rang de cellules.

Dans beaucoup de racines de *Lappa tomentosa*, on voit la même division tangentielle se produire. (Pl. I, fig. 10.)

Je ne veux pas dire cependant que *toujours*, dans ces racines, les cellules plissées qui bordent le côté interne d'un canal sécréteur se divisent par des cloisons tangentielles.

Dans la fig. 6 de la pl. I, par exemple, on voit que les cellules plissées ne présentent pas de divisions tangentielles ; le canal sécréteur, dans ce cas, est resté appliqué immédiatement contre l'assise des cellules plissées.

EXEMPLE II. — Dans la racine de l'*Anacyclus pyrethrum*, on voit, comme précédemment, des cloisons radiales se former dans l'endoderme ; les cellules de l'assise externe se divisent ensuite au-dessus d'un canal sécréteur par des cloisons tangentielles et obliques ; enfin, souvent on voit apparaître des cloisons tangentielles ou obliques dans les cellules plissées situées sur la face interne d'un méat. (Pl. I, fig. 2 et 3.)

Encore ici, le canal sécréteur n'est plus appliqué contre les cellules plissées, mais en est séparé par un rang de cellules.

Jusqu'à présent, comme déjà je l'ai dit, il était admis que, les canaux sécréteurs formés, les cellules plissées *ne se divisaient plus jamais par des cloisons tangentielles*, et que les organes de sécrétion demeuraient par conséquent appliqués immédiatement contre cette assise.

Les exemples qui viennent d'être cités montrent que dans les *Lappa major* et *tomentosa*, et dans l'*Anacyclus pyrethrum* au moins, il en est autrement.

On vient de voir ce que sont devenus, pendant la période secondaire, les canaux sécréteurs de la racine primaire ; j'ai fait remarquer de plus qu'alors le cylindre central ne possédait jamais de méats oléifères. Après les modifications qu'a subies le cylindre central par suite du jeu d'arcs générateurs, dans les nouveaux tissus ainsi formés on trouve des organes de sécrétion qui sont, les uns analogues à ceux de la période primaire, et qui seuls sont de vrais canaux sécréteurs, et d'autres, plus rares, qui en diffèrent plus ou moins.

Je commence par les canaux sécréteurs offrant le plus d'analogie avec ceux qui déjà ont été étudiés.

M. Van Tieghem cite quelques exemples de ces canaux ; ainsi, pour la racine âgée du *Centaurea atropurpurea*, il signale, dans le liber secondaire, des canaux oléifères bordés de quatre cellules spéciales, et disposés au milieu des cellules grillagées en autant de séries radiales simples ou doubles qu'il y a de bandes rayonnantes de tissu grillagé.

Dans l'*Inula helenium*, c'est le contraire qui arrive. Le liber secondaire ne possède pas de canaux oléifères ; en revanche, les rayons médullaires et le parenchyme issu du jeu de la membrane rhizogène possèdent des canaux sécréteurs.

Les racines d'*Anacyclus pyrethrum* et de *Carlina acaulis* sont dans le même cas.

Ces canaux sécréteurs ont commencé, comme ceux que l'on trouve dans la racine primaire, par n'être que de simples méats quadrangulaires entre quatre cellules ; mais, par suite de nombreuses divisions radiales, ils sont devenus des méats intercellulaires très dilatés, et bordés de cellules sécrétantes, disposées en cercle concentrique autour de chaque

méat, formées par la division tangentielle, par rapport à l'axe du méat, des cellules qui les bordaient primitivement.

On trouve aussi, dans le parenchyme secondaire de certaines racines, des canaux sécréteurs qui demeurent toujours à l'état le plus rudimentaire, c'est-à-dire, sont formés, sur une coupe transversale, de trois ou quatre cellules, qui se sont séparées à leur point de contact et excrètent certaines substances dans le méat ainsi produit.

Dans les grosses racines de *Scorzonera hispanica*, un peu au-dessous du collet, M. Dutailly a trouvé certaines cellules qui avaient déversé dans tous les méats de leur pourtour la substance gomme-résineuse qu'elles avaient sécrétée.

Il est à remarquer que la racine de cette plante possède un riche réseau de vaisseaux laticifères.

Dans les racines de certaines Composées, des canaux sécréteurs apparaissent tardivement dans le parenchyme et déterminent, autour d'eux, la production de liber central et de tissu ligneux périphérique.

Comme exemple, M. Dutailly cite les racines de *Scorzonera hispanica* : les canaux sécréteurs s'y trouvent surtout au niveau du collet.

Au centre du méat, à peine visible, on distingue des éléments-étroits et épaissis, autour desquels se trouve un anneau de cellules en voie de segmentation, puis, tout à l'intérieur de fausses trachées, parfois assez longues, et dirigées dans des sens divers. Voilà l'état adulte.

Le canal sécréteur a débuté par n'être qu'un simple méat entouré de cellules de bordure, qui se dédoublent, puis épaississent rapidement leurs parois. Quelquefois, les choses ne vont pas plus loin ; mais, le plus souvent, autour des cellules épaissies il s'établit une zone périphérique annulaire de liber, qui peut exister tandis que les fausses trachées ex-

térieures font défaut ; celles-ci n'apparaissent que dans les canaux qui ont atteint leur plus haut degré d'évolution (1).

Si l'on passe aux organes de sécrétion, s'éloignant tout à fait des vrais canaux sécréteurs, on trouve deux sortes d'organes bien distinctes.

Dans la racine d'*Echinops analtatus*, au milieu des rayons de parenchyme, on trouve certaines cellules dont la cavité contient de l'huile essentielle.

Dans d'autres racines, des zones cambiales annulaires se sont formées autour d'un ou de plusieurs vaisseaux, et y déversent leur sécrétion, comme si ces vaisseaux étaient de véritables canaux sécréteurs.

Ainsi, dans le bois des vieilles racines de *Scorzonera hispanica*, autour de certains groupes de vaisseaux, le parenchyme ligneux se cloisonne pour former un manchon continu. Au début de la segmentation, on n'observait rien dans ces vaisseaux ; mais bientôt on y voit s'amasser une substance jaune brun sécrétée par les cellules du tissu en voie de division.

Dans les grosses racines du *Cirsium lanceolatum*, dans celles du *Taraxacum dens leonis* et notamment dans les variétés améliorées par la culture, on observe des organes de sécrétion analogues (2).

IV. — VAISSEaux LATICIFÈRES.

Dans la famille des Composées, les vaisseaux laticifères proviennent de la fusion de cellules disposées en séries longitudinales et anastomosées entre elles.

Les tubes ainsi produits sont remplis d'un liquide contenant des substances divisées en fins granules sous forme

(1) Dutailly, *loc. cit.*, p. 46.

(2) Dutailly, *loc. cit.*, p. 30 et 32.

d'émulsion ; aussi il est opalescent, sa couleur est blanche ; c'est le *latex*.

Les plantes de la tribu des Chicoracées sont abondamment pourvues de vaisseaux laticifères. On en trouve encore dans certaines Cinarées.

Si l'on examine la racine primaire d'une jeune Chicoracée, on voit dans les îlots libériens certaines files de cellules, qui sont transformées en vaisseaux laticifères, mélangées assez irrégulièrement aux autres cellules libériennes. « Dans le très jeune âge, il semble même que tous les éléments libériens soient également remplis de latex, et que ce ne soit que plus tard que le suc laiteux se localise dans certaines cellules » (1).

Jamais le tissu conjonctif, quelque développé qu'il soit, ne contient de laticifères.

Quand apparaissent les formations secondaires, dans le liber issu du jeu de l'assise génératrice, il se forme des laticifères ; les grands et les petits rayons de parenchyme secondaire en sont toujours dépourvus. Les cellules qui, en s'anastomosant, forment les vaisseaux laticifères, demeurent toujours vivantes. Cette vitalité est attestée par ce fait que, pendant toute leur durée, elles bourgeonnent latéralement, et poussent des branches qui s'insinuent en zigzag dans le parenchyme voisin. Certaines de ces branches se terminent en cul-de-sac ; d'autres s'anastomosent à leur sommet avec des branches semblables, ou bien avec les laticifères eux-mêmes ; de là un réseau très compliqué.

M. Van Tieghem a observé souvent une alternance assez régulière entre les éléments grillagés et les laticifères ; ainsi il a constaté, dans l'*Hieracium cymosum*, que chaque cellule

(1) Van Tieghem, *Canaux sécréteurs*, p. 128.

produit alternativement deux cellules grillagées côte à côte et un vaisseau laticifère d'une largeur double.

Les laticifères de la racine des *Taraxacum* sont disposés en cercles concentriques dans le liber ; ils s'anastomosent entre eux dans chaque cercle et forment un réseau à mailles assez serrées ; mais jamais il ne s'établit de communication d'un cercle à l'autre.

Dans les autres racines, où le liber, au lieu de former un anneau continu, comme celui du *Taraxacum*, est séparé en compartiments par des rayons médullaires, les laticifères ne sont plus disposés en cercles concentriques ; ils sont groupés en faisceaux rayonnants.

Mais comme les rayons de tissu cribreux ne forment pas de lames continues de la circonférence au centre, et sont çà et là interrompus par du tissu cellulaire ; comme, d'un autre côté, l'accroissement en diamètre de la racine oblige les cellules déjà formées à des dilatations et à des divisions, il s'ensuit que l'arrangement initial est détruit, et qu'au lieu d'être disposés bien nettement en lames rayonnantes, les laticifères paraissent être souvent en groupes épars (1).

(1) Trécul, *loc. cit.*, p. 69.

CHAPITRE II

DÉTERMINATION HISTOLOGIQUE DES PLANTES MÉDICINALES.

Les racines qui ont été étudiées dans ce chapitre sont celles que signalent le *Codex* et M. Planchon dans son traité de pharmacologie.

Elles sont au nombre de sept et appartiennent aux tribus des Liguliflores, des Tubuliflores et des Radiées.

Voici quelles sont ces racines :

<i>Tribu des Liguliflores.</i>	{	Racine de Pissenlit.
	{	Racine de Chicorée.
<i>Tribu des Tubuliflores.</i>	{	Racine de Bardane.
	{	Racine de Carline.
<i>Tribu des Radiées</i>	{	Racine d'Aunée.
	{	Racine de Pyrèthre d'Afrique.
	{	Racine de Pyrèthre d'Allemagne.

RACINE DE PISSENLIT

(Pl. III, fig. 16).

1° Origine, aspect et caractères physiques.

La racine de Pissenlit provient du *Taraxacum dens leonis*, petite plante sans tige, à feuilles radicales et sessiles.

Le *Taraxacum dens leonis* se rencontre dans toute l'Europe, dans l'Amérique du Nord et dans l'Asie septentrionale.

La racine est pivotante, d'une longueur qui varie entre sept et trente centimètres, elle a deux à trois centimètres de diamètre.

A l'état frais, elle laisse échapper, quand on la brise, un suc laiteux et amer.

La racine sèche se contracte beaucoup ; elle n'a plus qu'environ un centimètre de diamètre ; elle perd, d'après MM. Fluckiger et Hanbury, 76/100 de son poids.

Extérieurement, la racine desséchée, telle qu'on la trouve dans les pharmacies, est recouverte d'une écorce brune, présentant des stries transversales et, quelquefois, spiralées. A l'intérieur, on trouve, au centre, une colonne étroite d'un tissu un peu jaunâtre ; c'est le bois, qui est entouré d'une zone annulaire très épaisse de tissu cortical et libérien, de couleur blanche, offrant de nombreuses couches concentriques.

Il n'y a pas de rayons médullaires.

Le cylindre ligneux est très étroit ; eu égard au diamètre total de la racine, il est dans le rapport de huit à un.

2° Historique.

La racine de Pissenlit a été étudiée par M. Otto Berg, qui en donne, avec une description minutieuse, des figures excellentes représentant les coupes transversales et longitudinales à différents grossissements.

MM. Fluckiger et Hanbury n'appellent l'attention que sur les vaisseaux laticifères. Pour les rendre apparents, ils imbibent de bleu d'aniline une coupe de racine fraîche, qu'ils ont laissée se dessécher jusqu'à ce que le latex fût coagulé ; dans ces conditions il est coloré en bleu.

Dans le même ouvrage, M. de Lanessan a ajouté, sur l'histologie de cette racine, une note accompagnée d'une figure qui en représente la coupe transversale.

L'étude histologique est faite assez superficiellement, mais ne contient pas d'erreurs ; quant à la figure, elle est inexacte ; les éléments du parenchyme ligneux du liber et même du cambium ne sont pas en séries radiales. De plus, les vais-

seaux laticifères sont représentés de telle sorte que l'on croirait voir des paquets de fibres libériennes. Les meilleures figures que l'on ait, à ma connaissance, des vaisseaux laticifères du Pissenlit, ont été publiées par M. Fluckiger dans son *Grundlagen der Pharmaceutischen waarenkunde*. C'est à M. Planchon que l'on doit la description la meilleure et la plus exacte ; malheureusement, aucune figure ne l'accompagne.

3° Étude histologique.

L'écorce primaire s'exfolie de bonne heure dans la racine de Pissenlit ; par conséquent, sur les coupes des racines adultes, les seuls éléments primaires que l'on puisse retrouver sont : deux lames de bois primaire, toutes les racines étant, dans cette espèce, construites sur le type deux ; et deux îlots de liber primaire ; mais ceux-ci, comprimés entre le liber secondaire et les tissus qui proviennent de l'activité de la membrane rhizogène, sont réduits à n'être plus qu'une ligne assez difficile à voir.

Extérieurement, la racine de Pissenlit est recouverte d'une couche formée par trois ou quatre assises de cellules à parois subérifiées, aplaties de dedans en dehors, et disposées en séries radiales.

Sous cette couche vient le parenchyme cortical ; les cellules qui le constituent sont grandes, généralement allongées tangentiellement, et disposées irrégulièrement ; çà et là, au milieu de ce parenchyme, quelques vaisseaux laticifères.

Le liber, que l'on trouve ensuite, forme autour du cylindre ligneux une enveloppe continue ; il n'est pas traversé par des rayons médullaires. Ce liber est essentiellement parenchymateux ; les cellules qui le constituent sont hexagonales et de diamètres divers ; les unes sont grandes, les autres petites.

Des zones, formées de quatre à douze assises de grandes

cellules, alternant régulièrement avec des zones beaucoup plus étroites, composées de trois à cinq assises de petites cellules, divisent le liber du Pissenlit en couches concentriques. Dans les zones où se trouvent les grandes cellules, celles-ci sont disposées bien nettement en séries radiales, correspondant d'une zone à l'autre; cette disposition ne se retrouve que difficilement dans les zones de petites cellules.

C'est dans ces dernières que sont distribués les vaisseaux laticifères. Ces vaisseaux présentent un grand nombre de ramifications latérales, qui s'anastomosent les unes avec les autres, et forment ainsi un réseau. Jamais les vaisseaux d'une zone n'envoient de ramifications qui les unissent aux vaisseaux d'une zone voisine; les différents réseaux sont complètement indépendants les uns des autres.

Ces vaisseaux, qui sont limités par une membrane très mince, sont remplis d'un suc blanchâtre, à l'état frais, le latex, et qui brunit en se desséchant.

C'est au printemps que le latex est le plus abondant.

Le liber est séparé du tissu ligneux par une couche assez mal délimitée de cambium.

Le tissu ligneux comprend des vaisseaux et du parenchyme. Au centre de la racine, on aperçoit deux îlots de bois primaire, au milieu d'un tissu parenchymateux en voie de division.

Une coupe longitudinale et radiale montre les cellules irrégulièrement disposées du parenchyme cortical, puis les cellules libériennes, étroites, allongées, terminées à leurs extrémités par des cloisons transversales, et disposées en séries régulières empilées les unes sur les autres. C'est sur cette coupe que l'on peut voir que les différents réseaux de laticifères n'ont entre eux aucune relation.

Dans les zones libériennes formées de petites cellules,

celles où sont situés les laticifères, on trouve de l'inuline; généralement, les autres tissus n'en contiennent pas.

Les grosses racines de Pissenlit, et notamment celles des variétés améliorées par la culture, possèdent souvent des vaisseaux réduits au rôle passif de canaux sécréteurs.

Autour d'un ou de plusieurs vaisseaux il se forme des zones cambiales annulaires dont les cellules, devenues sécrétrices, déversent dans ces vaisseaux la matière sécrétée.

Un cas unique, étudié par M. Dutailly, et rapporté dans l'historique qui est en tête de ce travail, montre que, par suite de causes accidentelles, d'autres organes de sécrétion peuvent se trouver dans les racines de Pissenlit.

On peut encore, dans les coupes faites sur les grosses racines, rencontrer certaines anomalies de structure telles que, par exemple, la formation, en plein tissu ligneux, d'une couche génératrice concentrique à la première; quelquefois même, une troisième vient s'intercaler entre les deux autres.

RACINE DE CHICORÉE

(Pl. IV, fig. 17 et 18).

1° Origine, aspect et caractères physiques.

La racine de Chicorée provient du *Chicorium intybus*, plante qui croît partout le long des chemins.

Cette racine est longue, blanche et grosse comme le doigt; elle est employée soit à l'état frais, soit après avoir subi la dessiccation.

Les racines sèches sont en morceaux longs de un à deux centimètres, d'un diamètre à peu près égal; les grosses racines sont fendues en deux. L'écorce, d'un gris pâle, présente des stries longitudinales et aussi quelques stries transversales.

Les sections longitudinales et transversales ont une couleur blanc jaunâtre.

La racine est d'une consistance cireuse ; elle est amère et mucilagineuse.

2° Historique et étude histologique.

L'étude de la racine de Chicorée a été faite par M. Planchon. MM. Otto Berg, Fluckiger et Hanbury Luerssen ne s'en sont pas occupés.

L'écorce primaire s'exfolie ; les cellules subéreuses proviennent donc, dans cette racine, du jeu de la membrane rhizogène.

Au-dessous de l'assise subéreuse vient le parenchyme cortical, formé de cellules allongées dans le sens tangentiel ; ce parenchyme est limité intérieurement par la zone libérienne.

Les faisceaux libériens sont longs, étroits et ondulés ; ils sont formés de cellules parenchymateuses, étroites au centre du faisceau, et dont le diamètre augmente en se rapprochant des bords ; ce qui fait qu'il n'y a pas de limite tranchée entre le tissu libérien et les rayons médullaires qui séparent les faisceaux. Dans le tissu des cellules étroites et fines du liber on trouve des vaisseaux laticifères.

Les faisceaux du bois contiennent de larges vaisseaux au milieu de cellules ligneuses à parois épaisses.

Ces faisceaux sont séparés les uns des autres par des rayons médullaires formés de trois ou quatre rangées de cellules.

Au centre de la racine, on trouve les deux lames vasculaires primaires entourées de cellules parenchymateuses en voie de division.

Les rayons médullaires et le parenchyme cortical contiennent de l'inuline.

RACINE DE BARDANE

(Pl. V, fig. 20, 21 et 22).

1° Origine.

Trois espèces de plantes du genre *Lappa* (*L. major*, *L. minor*, *L. tomentosa*) contribuent, par leurs racines, à fournir la drogue connue dans le commerce sous le nom de racine de Bardane.

Linné avait réuni ces trois espèces sous le nom d'*Arctium lappa*. Ces trois *Lappa* ont une racine pivotante ; celle du *Lappa major* est longue, grosse, charnue, noire au dehors, blanche au dedans. La racine du *Lappa minor* est plus petite. Le *Lappa tomentosa*, ainsi nommé parce qu'un duvet cotonneux recouvre les écailles de ses involucres, a une racine bien plus volumineuse que les précédentes.

2° Aspect extérieur et caractères physiques.

On trouve dans les droguiers cette racine en morceaux de dimensions variables. Les grosses racines ont été fendues par le milieu et forment des fragments d'une longueur de un centimètre et demi, deux et quelquefois trois centimètres, sur une largeur de un à un centimètre et demi.

Les racines, d'un centimètre de diamètre à l'état frais, n'ont pas été fendues ; elles sont en morceaux de même longueur que précédemment, sur un diamètre de six à huit millimètres.

La racine sèche de Bardane est recouverte d'une écorce de couleur gris brunâtre, creusée de sillons longitudinaux légèrement ondulés ; sa cassure est nette et un peu résineuse.

D'après Guibourt, elle aurait une odeur désagréable, une saveur douceâtre, austère et nauséuse ; plongée dans l'eau

bouillante, elle prend un volume d'un tiers plus considérable et devient molle.

3° Historique.

L'étude histologique a déjà été faite par M. Otto Berg en 1865, et par M. Planchon.

Ces auteurs donnent, avec une bonne description, le premier deux coupes, une transversale et une longitudinale; le second, une coupe transversale.

Dans ces deux ouvrages, les descriptions concordent bien entre elles, les coupes aussi.

Ni M. Planchon, ni M. Otto Berg n'ont parlé des canaux sécréteurs que l'on rencontre dans les racines de Bardane. Or, dans la jeune racine, on trouve, en face de chaque îlot libérien, de douze à quinze canaux sécréteurs, et l'écorce primaire est persistante: on doit donc retrouver ces canaux sécréteurs dans la racine adulte; on les y retrouve en effet.

4° Etude histologique.

Dans les trois espèces de *Lappa*, la structure histologique de la racine est à peu près la même; les seules différences que j'y aie remarquées résident dans la constitution des faisceaux ligneux. Ces différences de structure sont très nettes et permettent de déterminer à première vue, sur une coupe, l'espèce de *Lappa* examinée.

Une coupe transversale présente, au microscope, de dehors en dedans, une couche subéreuse, formée de plusieurs rangées de cellules allongées dans le sens de la circonférence, disposées en séries radiales et colorées en brun grisâtre.

Au-dessous, on trouve le parenchyme cortical primaire. Il consiste en assises de cellules au nombre de six à neuf, allongées dans le même sens que précédemment; beaucoup de

ces cellules sont divisées par des cloisons radiales. L'assise la plus interne de cette zone est l'assise des cellules plissées.

On voit sur la fig. 20, pl. V, deux canaux sécréteurs; mais, contrairement à ce qui arrive souvent, les cellules plissées ne se sont pas ici dédoublées par des cloisons tangentiellles, et les canaux sécréteurs sont restés appliqués immédiatement contre elles.

Vient ensuite le parenchyme cortical secondaire, issu de l'assise rhizogène. Les cellules de ce parenchyme sont allongées dans le sens de la circonférence; beaucoup se divisent par des cloisons radiales, pour permettre au tissu qu'elles forment de suivre sans rupture l'accroissement des parties plus centrales de la racine.

Faisceaux libéro-ligneux. — Dans les trois espèces de *Lappa*, les faisceaux libériens présentent la même constitution; ils ont la forme de coins dont la base serait appuyée sur l'arc générateur du faisceau. Les cellules qui les composent sont parenchymateuses, petites, allongées dans le sens de la circonférence. Parmi ces cellules, beaucoup se divisent par une ou deux cloisons obliques ou radiales, qui forment de nouvelles cellules très petites et remplies d'un protoplasma granuleux. Malgré ces nouvelles formations, la cellule primitive n'ayant pas augmenté de volume, la disposition en séries radiales n'est pas rompue.

Quelquefois, à l'extrémité des faisceaux libériens, on trouve un petit paquet de cellules fibreuses.

Le faisceau ligneux du *Lappa minor* (pl. V, fig. 20) est assez large; il se compose de vaisseaux isolés ou réunis par groupes de deux ou trois, très écartés les uns des autres et séparés par du parenchyme ligneux.

Dans le *Lappa minor*, les rayons médullaires très larges

(18 à 20 séries radiales de cellules), se trouvent entre les faisceaux libéro-ligneux.

Si l'on étudie le *Lappa major* (pl. V, fig. 21), on voit tout d'abord que les faisceaux ligneux sont plus étroits que ceux du *Lappa minor*; de plus, qu'ils ont un aspect cunéiforme très prononcé.

Le faisceau, d'une certaine largeur près de l'assise génératrice, s'effile assez brusquement à une petite distance de cette assise. Dans la partie large, il est constitué par un ou plusieurs groupes de vaisseaux. (Sur la figure 21 un groupe de douze, entouré de quelques cellules de parenchyme ligneux.) Dans la portion étroite, c'est le parenchyme ligneux qui domine; les vaisseaux sont en petit nombre et épars. Les rayons médullaires sont bien moins larges que dans le *Lappa minor*.

Les faisceaux ligneux du *Lappa tomentosa* (pl. V, fig. 22) ont aussi une disposition cunéiforme; comme dans le *Lappa major*, la portion élargie du faisceau offre plusieurs groupes de vaisseaux; seulement entre eux et l'assise génératrice il existe une zone assez épaisse de cellules à parois lignifiées. Le reste du faisceau est analogue aux parties correspondantes de ceux des deux autres *Lappa*.

Les rayons médullaires sont très étroits; c'est tout au plus s'ils possèdent cinq séries radiales de cellules.

La largeur des rayons médullaires a été prise ici et dans les cas précédents au niveau de l'arc générateur.

Au centre de la racine (pl. II, fig. 15), on trouve les deux lames de bois primaire; deux des rayons médullaires, les grands rayons, qui sont superposés à ces lames, arrivent jusqu'à elles.

On voit encore que beaucoup de cellules parenchymateuses qui sont près du centre de la racine, après s'être

allongées radialement, se sont divisées par des cloisons tangentielles.

Cette division continuant, les vieilles racines paraissent posséder une moelle centrale, au milieu de laquelle se trouvent des vaisseaux épars.

Sur une coupe longitudinale passant par un faisceau libéro-ligneux on remarque : d'abord, au dehors, la couche subéreuse ; au-dessous, le parenchyme cortical primaire, formé de cellules disposées assez irrégulièrement et dont la dernière assise est l'endoderme.

Quelquefois la coupe passe par un canal sécréteur dont on ne voit qu'une certaine longueur, vu que ces canaux sont ondulés.

Après, vient le parenchyme cortical secondaire, dont les éléments sont plus allongés à mesure qu'ils se rapprochent du centre de la racine.

Entre le liber et le parenchyme on voit, quand les racines en possèdent, les petits groupes de fibres libériennes terminées en biseau.

Le parenchyme libérien, qui vient ensuite, est formé de cellules étroites et allongées dans le sens de l'axe de la racine, dont l'ensemble forme des étages assez réguliers.

Ici encore, l'aspect de la coupe diffère selon l'espèce du *Lappa* examiné.

Si c'est le *Lappa tomentosa*, en outre des vaisseaux ponctués et rayés, on voit les cellules à paroi lignifiée.

Les *Lappa minor* et *major* présentent seulement des vaisseaux et des cellules de parenchyme ligneux, cellules un peu plus larges que celles du parenchyme libérien, comme elles, assez allongées et disposées de la même manière.

Le parenchyme cortical et médullaire des diverses parties de la racine de Bardane renferme de l'inuline.

RACINE DE CARLINE

(Pl. IV, fig. 19).

1° Origine, aspect et caractères physiques.

La racine de Carline provient de la *Carlina acaulis*, qui se trouve dans les montagnes de l'Europe centrale.

Cette plante est aussi appelée Carline des Alpes.

La racine sèche se trouve en fragments dont la longueur varie entre quatre et vingt centimètres, et qui ont une épaisseur de cinq à dix millimètres.

La racine est généralement cylindrique, quelquefois elle est aplatie ; dès qu'elle est quelque peu âgée, les éléments de l'un de ses côtés se dissocient jusqu'au centre même du membre, qui paraît avoir été rongé.

L'écorce présente des sillons longitudinaux irréguliers ; elle a une couleur brune passant au noir. La portion rongée est gris-fauve.

Les fragments voisins du collet portent trois ou quatre divisions, d'où partent autant de tiges sur la plante.

La cassure de la racine sèche est fibreuse.

2° Historique et étude histologique.

Cette racine a été étudiée par M. Planchon. M. Luerssen en donne aussi une description, mais très succincte.

Aucune figure n'a été ajoutée au texte par ces auteurs.

J'ai constaté la persistance de l'écorce primaire, qui n'avait pas encore été signalée.

Une coupe transversale offre d'abord des couches de cellules brunâtres ; plus en dedans, le parenchyme cortical primaire, limité par l'assise des cellules plissées, que l'on

reconnaît facilement aux épaississements qui se trouvent sur les parois radiales de ses cellules.

Le parenchyme cortical primaire est peu épais ; il ne se compose que de cinq à sept assises de cellules, y compris l'assise des cellules plissées. Les cellules, allongées tangentiellement, se divisent constamment par des cloisons radiales.

Sur la figure 19, on voit, contre l'assise des cellules plissées, un canal sécréteur primaire ; il est rempli d'une matière oléo-résineuse brune ; des gouttelettes de la même matière se voient çà et là dans les cellules du même tissu.

Le parenchyme secondaire, issu du jeu de la membrane rhizogène, vient au-dessous de l'assise des cellules plissées.

Ses cellules sont aplaties, de dedans en dehors, assez volumineuses et toujours en train de se diviser radialement et obliquement. Par suite de ces divisions successives, tout arrangement en séries radiales a disparu, et les cellules paraissent irrégulièrement disposées ; la partie interne de ce tissu se confond insensiblement avec les rayons médullaires dont les cellules sont en séries radiales.

Entre les rayons médullaires, et pareils à des coins dont la pointe serait tournée vers l'extérieur, se trouvent les faisceaux libériens. Leur tissu est formé uniquement de petites cellules parenchymateuses.

Les faisceaux du bois sont composés de vaisseaux et de parenchyme ligneux ; on n'y trouve pas de fibres ligneuses.

Ces faisceaux sont séparés les uns des autres par de larges rayons médullaires.

Le centre de la racine est occupé par des lames du bois primaire ; ici, la racine, à quelque ordre qu'elle appartienne, est toujours binaire ; il n'y a donc jamais que deux lames vasculaires primaires.

Dans le parenchyme cortical secondaire et dans les rayons

médullaires on trouve des canaux sécréteurs, toujours remplis d'une matière oléo-résineuse brune.

Le diamètre de ces canaux paraît être à son maximum à la périphérie du parenchyme cortical, et aller en diminuant à mesure que l'on se rapproche du centre de la racine.

Les canaux paraissent être disposés en séries radiales dans les rayons médullaires.

M. Planchon considère comme des lacunes ces canaux sécréteurs ; les rayons médullaires, dit-il, sont formés de petites cellules « entre lesquelles se trouvent des lacunes assez régulièrement disposées en lignes radiales, qui sont remplies d'une matière oléo-résineuse brune. Ces lacunes sont arrondies sur la coupe transversale, fusiformes dans le sens longitudinal. »

Ce sont pourtant bien des canaux sécréteurs ; car ces lacunes sont bordées par une assise de cellules sécrétantes ; de plus, elles parcourent la racine dans toute sa longueur. Comme ces canaux ondulent plus ou moins dans la racine, sur une coupe longitudinale on ne peut en apercevoir que des tronçons fusiformes ; mais, si on y regarde de près, on remarque qu'ils sont tous dans le prolongement les uns des autres.

Dans la racine âgée, le parenchyme se détruit sur une partie de l'écorce, ce qui fait que ces racines semblent être rongées et ouvertes sur l'un des côtés.

Une grande quantité d'inuline se trouve dans le parenchyme cortical et les rayons médullaires.

RACINE D'AUNÉE

(Pl. VI, fig. 23).

1° Origine, aspect et caractères physiques.

Cette racine provient de l'*Inula helenium*, plante qui croît dans les lieux ombragés et se cultive dans les jardins.

La racine d'Aunée est vivace, grosse et charnue ; desséchée, elle est coupée en morceaux longs de deux à trois centimètres.

Ceux qui proviennent des racines jeunes sont entiers ; les autres sont fendus longitudinalement.

L'écorce a une couleur brun-clair ; elle est finement striée dans le sens de la longueur.

La cassure est nette et résineuse, quand la racine est sèche ; à l'humidité, elle se ramollit et se plie sans se briser.

La saveur rappelle celle de l'Iris et du Camphre tout ensemble ; l'odeur est faible.

2° Historique.

La description que fait de cette racine M. Planchon est exacte, ainsi que la figure qui l'accompagne.

MM. Fluckiger et Hanbury font de la structure microscopique une étude très superficielle ; ils s'occupent surtout du contenu des larges « canaux balsamiques ».

M. de Lanessan, dans les notes dont il a enrichi l'œuvre de MM. Fluckiger et Hanbury, croit que c'est pour se conformer à l'usage pharmaceutique qu'ils considèrent cette drogue comme une racine ; pour lui, c'est un rhizome.

Aussi c'est le rhizome de l'Aunée qu'il décrit et dont il montre la coupe transversale.

En réalité, M. de Lanessan n'a pas tout à fait tort ; seule-

ment, il est trop absolu quand il dit que la racine d'Aunée n'est pas employée.

La vérité est que la drogue est fournie et par la racine et par le rhizome, que l'on trouve mélangés dans le commerce.

Otto Berg, en 1865, c'est-à-dire avant les travaux de MM. Naegli et Van Tieghem, ne connaît pas l'anatomie de la racine ; aussi, dans le cas particulier de l'Aunée, il confond la racine et le rhizome sous la seule dénomination de racine.

Le centre des grosses racines, dit-il, est occupé par la moelle, tandis que dans les racines grêles, tous les vaisseaux confluent vers le centre, la moelle disparaît.

Des figures excellentes accompagnent les descriptions d'Otto Berg et prouvent que les coupes transversales des gros morceaux de la drogue qui présentaient, au centre, de la moelle, ont été faites dans le rhizome de l'*Inula helenium*.

M. Fluckiger (1) et M. Muller (2), dans des travaux sur les organes de sécrétion des plantes, ont étudié plus spécialement les canaux sécréteurs de l'Aunée, dont ils ont décrit, avec la plus grande exactitude, l'origine et le développement.

Mes recherches personnelles m'ont permis d'ajouter les résultats suivants :

L'écorce primaire peut être considérée comme persistante. Ce n'est pas à dire que sur toutes les racines âgées on la retrouve ; souvent comme dans celles de Lappa, où, de l'avis général, l'écorce primaire persiste, elle a disparu par suite de causes accidentelles.

(1) *Loc. cit.*

(2) *Loc. cit.*

3° Étude histologique.

L'Aunée possède un rhizome sur lequel s'insère la grande majorité des racines.

Ces racines ne sont pas, comme le pivot, toujours construites sur le type deux; elles présentent ordinairement quatre ou cinq lames vasculaires qui se rejoignent au centre.

Une coupe transversale montre que la racine d'*Inula helenium* est ainsi constituée du dehors en dedans :

On voit d'abord plusieurs rangées de cellules tabulaires à parois brunes; au-dessous, les cellules allongées tangentiellement du parenchyme cortical primaire, qui ne présente qu'une très faible épaisseur, trois ou quatre assises de cellules seulement.

La dernière assise est formée par l'assise des cellules plissées. Ce sont les canaux sécréteurs primaires qui indiquent, au premier examen, la persistance de l'écorce primaire. A chaque ilot libérien, dans la racine primaire, correspond un groupe de quatre à cinq canaux sécréteurs. Dans la racine âgée, ces canaux sont écartés les uns des autres sans que les divers groupes se confondent. Leur nombre permet de constater immédiatement le type sur lequel la racine a été construite.

Sur la coupe que représente la fig. 23, l'écorce primaire n'existe plus; les cellules tubéreuses proviennent de la membrane rhizogène. Au-dessous, se trouve le parenchyme cortical secondaire, formé de cellules allongées tangentiellement.

Les faisceaux libériens, très étroits, sont formés de cellules parenchymateuses: ils sont séparés les uns des autres par de larges rayons médullaires.

Les cellules libériennes ne diffèrent des cellules des rayons

médullaires que par un diamètre un peu moindre ; aussi la limite entre le liber et les rayons médullaires est-elle à peu près impossible à établir.

Les faisceaux ligneux offrent des vaisseaux rayés ou spiralés, séparés par du parenchyme ligneux ; souvent, devant certains groupes de vaisseaux, il y a un petit paquet de fibres ligneuses à lumen étroit.

Comme dans la zone libérienne, les cellules du parenchyme ligneux et celles des rayons médullaires ont à peu près le même diamètre.

Le centre de la racine est occupé par les lames du bois primaire et par des vaisseaux secondaires ; de plus, les parois des cellules qui sont entre ces vaisseaux se sont lignifiées et épaissies.

De nombreux canaux sécréteurs sont disséminés dans l'écorce et dans les rayons médullaires. Ils sont larges, ont de 0^m,0003 à 0^m,0004 de diamètre ; dans la racine fraîche, ils contiennent un liquide aromatique.

Sur la fig. 23 on voit que deux canaux sécréteurs ont empiété sur le faisceau ligneux. Cela tient certainement à ce que, primitivement, le canal, bordé seulement de quatre cellules sécrétantes, s'est formé dans le rayon médullaire, mais tout près du faisceau ligneux ; toute augmentation de diamètre devait déterminer cet empiétement.

Sur la coupe longitudinale, le liber se distingue beaucoup mieux que dans le sens transversal, ses cellules étant plus allongées, du double à peu près, que celles du tissu cortical, et terminées en biseau. On n'y rencontre, comme dans la racine de Carline, et pour les mêmes raisons, que des tronçons oblongs ou fusiformes de canaux sécréteurs.

Les rayons médullaires et le parenchyme cortical sont riches en inuline.

RACINES DE PYRÈTHRES

I. — PYRÈTHRE D'AFRIQUE

(Pl. VI, fig. 24.)

1° Origine, aspect et caractères physiques.

Cette racine appartient à l'*Anacyclus pyrethrum*, plante qui croît en Turquie, en Asie et surtout en Afrique.

La drogue est en morceaux longs de sept à douze centimètres, sur une épaisseur qui varie de cinq millimètres à un centimètre un quart.

L'écorce est brune et offre de forts sillons longitudinaux.

La racine est compacte ; sa cassure est ligneuse ; lorsqu'on la respire en masse, elle a une odeur forte, irritante et désagréable.

2° Historique et étude histologique.

Une étude courte et bonne a été faite de la structure de la racine du Pyrèthre par MM. Fluckiger et Hanbury.

M. de Lanessan, dans une note ajoutée à cet ouvrage, la décrit et en donne une figure où il reconnaît la présence de l'endoderme.

C'est à M. Planchon que l'on doit la description la plus exacte.

L'écorce primaire persiste dans la racine de Pyrèthre.

Le pivot est construit sur le type deux ; les autres racines le sont sur les types deux et trois.

La racine de l'*Anacyclus pyrethrum* montre extérieurement une couche assez épaisse de tissu subéreux, au milieu duquel on remarque plusieurs lignes de cellules à parois très épaisses dont le diamètre ne diffère pas des cellules voisines.

Sur une coupe longitudinale on constate que ces cellules, à parois épaissies, ne sont pas allongées dans le sens de l'axe du membre, et qu'elles sont encore de dimensions égales à celles des cellules du tissu qui les renferme.

Le parenchyme cortical primaire est formé de six à huit assises de cellules allongées tangentiellement ; dans son assise la plus interne se voient les canaux sécréteurs primaires, deux ou trois groupes, de trois canaux chacun, suivant que la racine est binaire ou ternaire.

Le parenchyme cortical secondaire vient ensuite ; les cellules voisines de l'endoderme ont les mêmes dimensions que celles du parenchyme cortical primaire ; mais, à mesure que l'on se rapproche de la zone libérienne, leur diamètre diminue, et, en sections transversales, elles arrivent à être isodiamétriques.

Le suber et les parenchymes corticaux, primaire et secondaire, occupent un peu moins du quart du rayon de la racine.

La zone libérienne renferme des faisceaux libériens très peu allongés radialement, et séparés les uns des autres par de larges rayons médullaires.

Le liber est formé exclusivement de petites cellules parenchymateuses.

Les faisceaux ligneux sont très allongés ; ils vont jusqu'au centre de la racine ; des vaisseaux et du parenchyme entrent seuls dans leur composition.

Des rayons médullaires assez larges séparent les uns des autres les faisceaux libéro-ligneux.

Deux de ces rayons, diamétralement opposés, se rejoignent au centre de la racine, où ils divisent un groupe de vaisseaux entourés de cellules lignifiées. Dans ce groupe on retrouve les éléments du bois primaire.

Au milieu des rayons médullaires et du parenchyme cortical secondaire, il y a de nombreux canaux sécréteurs, d'un diamètre qui peut atteindre 0^{mm},15 ; ils sont semblables à ceux de l'Aunée, mais plus étroits.

Ces canaux sont remplis d'une oléo-résine brune ou jaune.

II. — PYRÈTHRE D'ALLEMAGNE

1° Origine, aspect et caractères physiques.

Cette racine inusitée en France, provient de l'*Anacyclus officinarum*, herbe annuelle, cultivée en Russie, en Danemarck et en Allemagne.

Elle a une couleur gris-clair; son diamètre est moitié moindre que celui de la racine d'*Anacyclus pyrethrum*; pour les autres caractères, ils sont semblables à ceux de cette dernière racine.

2° Etude histologique.

Cette étude a été faite par Otto Berg.

La racine présente la même structure générale que celle du Pyrèthre d'Afrique.

Elle en diffère seulement par l'absence de cellules à parois épaissies dans le suber et de canaux sécréteurs secondaires.

Les cellules du parenchyme cortical et des rayons médullaires sont très riches en inuline dans ces deux racines.



CONCLUSIONS

I. — L'endoderme une fois formé étant considéré comme une membrane entièrement distincte du tissu qui précède et du tissu qui suit; les racines de la famille des Composées possèdent des canaux sécréteurs situés dans l'endoderme dédoublé à cet effet, et non, comme on l'a affirmé, tantôt dans l'endoderme dédoublé, tantôt sur sa face externe.

II. — Examinant les racines d'*Anacyclus pyrethrum*, de *Lappa* et d'*Inula helenium*, on voit que des cellules de la membrane endodermique autres que celles qui sont placées vis-à-vis des îlots libériens, peuvent se diviser par une cloison tangentielle, les cellules situées en face du liber primaire concourant seules à la formation des méats oléifères.

Si les cellules placées aux extrémités de l'arc des canaux sécréteurs sont ainsi dédoublées, les canaux placés aux deux extrémités de l'arc ne seront pas triangulaires, ils seront quadrangulaires.

III. — Il peut arriver que, dans la racine de *Lappa major*, toutes les cellules de l'endoderme se dédoublent par des cloisons tangentielles.

IV. — Contrairement à ce qui était dit jusqu'à présent, dans la racine de *Taraxacum dens leonis*, les cellules de l'endoderme placées vis-à-vis des îlots libériens se dédoublent par des cloisons tangentielles; mais il ne se forme pas de canaux sécréteurs.

V. — Dans beaucoup de racines d'*Anacyclus pyrethrum*, de *Lappa major* et de *Lappa tomentosa*, les cellules plissées bordant le côté interne d'un canal sécréteur peuvent se diviser par des cloisons tangentielles ou obliques; les canaux

sécréteurs, dans ce cas, ne sont plus appliqués immédiatement contre l'assise des cellules plissées, mais en sont séparées par un rang de cellules.

VI. — L'écorce primaire s'exfolie dans les racines de *Taraxacum dens leonis* et de *Chicorium intybus*.

VII. — L'écorce primaire persiste dans les racines d'*Anacyclus pyrethrum*, d'*Anacyclus officinarum* de *Carlina acaulis* et d'*Inula helenium*.

VIII. — Indication, dans la racine sèche de Bardane, des canaux sécréteurs qui n'avaient pas encore été remarqués par les pharmacologistes.



EXPLICATION DES PLANCHES ⁽¹⁾

Abréviations.

<i>a. n° 2.</i>	Assise épidermoïdale.
<i>par. 1.</i>	Parenchyme cortical primaire.
<i>par. 2.</i>	Parenchyme cortical secondaire.
<i>end.</i>	Endoderme.
<i>a. c. p.</i>	Assise des cellules plissées.
<i>a. per.</i>	Assise périphérique du cylindre central, membrane rhizogène.
<i>l. 1.</i>	Liber primaire.
<i>l. 2.</i>	Liber secondaire.
<i>vaiss. lign. 1.</i>	Vaisseaux ligneux primaires.
<i>vaiss. lign. 2.</i>	Vaisseaux ligneux secondaires.
<i>par. lign.</i>	Parenchyme ligneux.
<i>cel. lign.</i>	Cellules à parois épaissies et lignifiées.
<i>cn. 1.</i>	Canaux sécréteurs primaires.
<i>cn. 2.</i>	Canaux sécréteurs secondaires.
<i>v. l.</i>	Vaisseaux laticifères.
<i>s.</i>	Suber.
<i>c.</i>	Cambium.

PLANCHE I

Fig. 1. — *Anacyclus pyrethrum*. Coupe transversale d'une jeune racine.

Dans l'endoderme, on voit que, outre les cellules placées vis-à-vis des îlots libériens, d'autres cellules, *d*, se sont divisées par des cloisons tangentielles (230).

Fig. 2. — *Anacyclus pyrethrum*. Canaux sécréteurs dans une racine un peu plus âgée. Deux cellules, *a*, viennent de se diviser une seconde fois, l'une par une cloison tangentielle, l'autre par une cloison oblique (230).

Fig. 3. — *Anacyclus pyrethrum*. Canal sécréteur dans une racine plus âgée que la précédente. Ici les cellules qui bordent le canal se sont divisées tangentiellement; aussi le canal sécréteur est séparé de l'assise des cellules plissées par un rang de cellules (230).

Fig. 4. — *Lappa major*. Coupe transversale dans une jeune racine (170).

Deux cellules de l'endoderme, *a*, *a*, ne se sont pas divisées tangentiellement (l'une des cellules s'est divisée en quatre cellules filles par trois cloisons radiales).

(1) Toutes les figures ont été faites à la chambre claire. Les chiffres placés à la fin de chaque explication donnent le grossissement en diamètres.

Fig. 5. — *Lappa major*. Dans cette coupe, toutes les cellules de l'endoderme se sont divisées par une cloison tangentielle (230).

Fig. 6 et 7. — *Lappa major*. Coupes de canaux sécréteurs dans des racines jeunes (230).

Fig. 8 et 9. — *Lappa major*. Coupes de canaux sécréteurs; mais ici, les cellules de l'endoderme qui bordent le canal se sont divisées tangentiellement ou obliquement, de manière que le canal sécréteur est séparé de l'assise des cellules plissées par un rang de cellules (230).

Fig. 10. — *Lappa tomentosa*. Canal sécréteur (230).

PLANCHE II

Fig. 11. — *Chicorium intybus*. Racine jeune (170).

Fig. 12. — *Taraxacum dens leonis*. Coupe transversale dans la racine primaire vis-à-vis des îlots libériens : d'un côté deux cellules, de l'autre une, se sont divisées par une cloison tangentielle dans l'endoderme, a, a (230).

Fig. 13. — *Taraxacum dens leonis*. Coupe dans une racine plus âgée. Par suite des formations secondaires, les îlots libériens primaires ont été comprimés et ne sont plus visibles sur cette coupe. Vis-à-vis de la place que chacun occupait, cinq cellules endodermiques, a, a, se sont dédoublées tangentiellement; sur la figure, on voit que ces cellules se sont aussi divisées en plusieurs cellules filles par des cloisons radiales (230).

Fig. 14. — *Inula helenium*. Coupe dans une racine primaire. Toutes les cellules de l'endoderme présentent une cloison tangentielle, excepté les cellules b (190).

Fig. 15. — *Lappa major*. Partie centrale d'une racine âgée (120).

PLANCHE III

Fig. 16. — *Taraxacum dens leonis*. Coupe transversale dans une racine sèche (130).

PLANCHE IV

Fig. 17. — *Chicorium intybus*. Coupe transversale dans une racine sèche (120).

Fig. 18. — *Chicorium intybus*. Liber et vaisseaux laticifères à un plus fort grossissement (230).

Fig. 19. — *Carlina acaulis*. Coupe transversale dans une racine sèche (60).

PLANCHE V

Fig. 20. — *Lappa minor*. Coupe transversale dans une racine sèche (50).

Fig. 21. — *Lappa major*. Faisceau libéro-ligneux de la racine (60).

Fig. 22. — *Lappa tomentosa*. Coupe dans un faisceau libéro-ligneux (60).

PLANCHE VI

Fig. 23. — *Inula helenium*. Coupe transversale dans la racine sèche (120).

Fig. 24. — *Anacyclus pyrethrum*. Coupe transversale dans la racine sèche (120).

Nancy, le 21 janvier 1884.

M.-F. THOUVENIN,

chef des travaux d'histoire naturelle.

Le Président de thèse,

D. BLEICHER.

Vu :

Le Directeur,

JACQUEMIN.

Vu et permis d'imprimer :

Nancy, le 21 janvier 1884,

Le Recteur,

M.-E. MOURIN.

Planche I



Planche II.

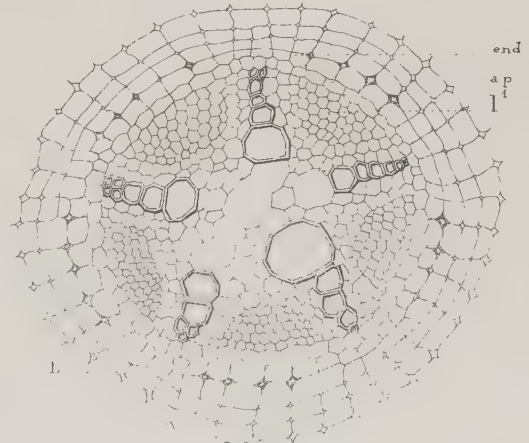
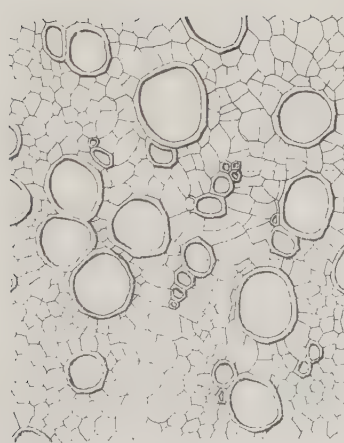
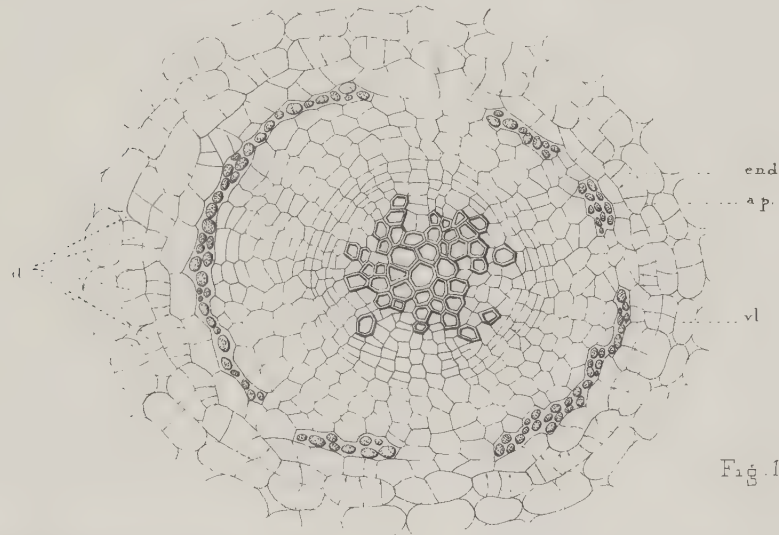
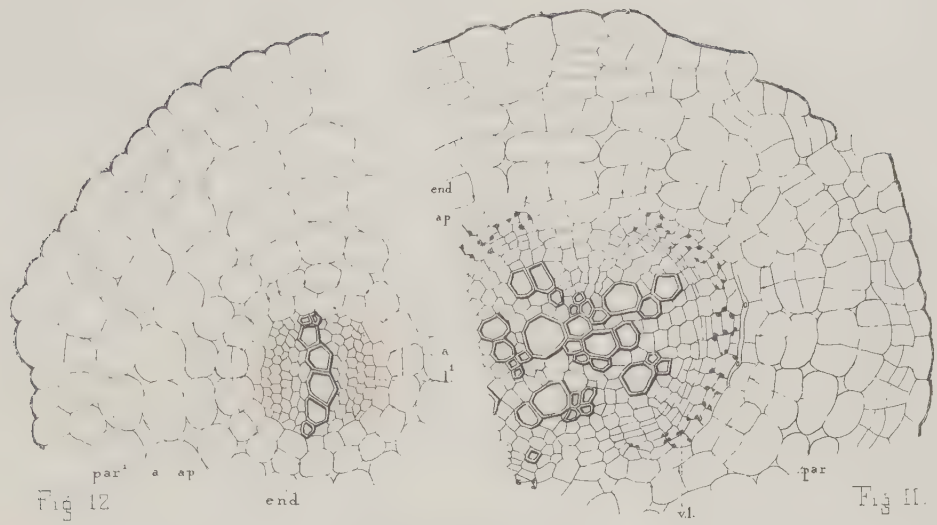


Planche III.

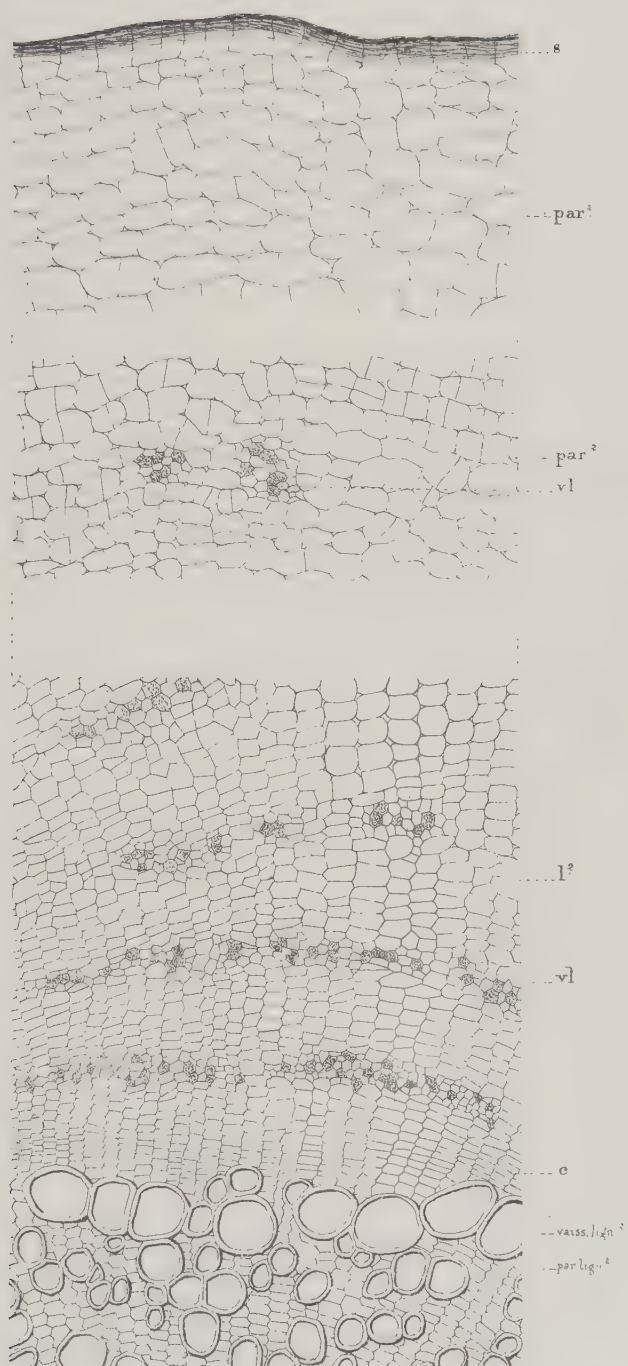


Fig. 16

Planche IV

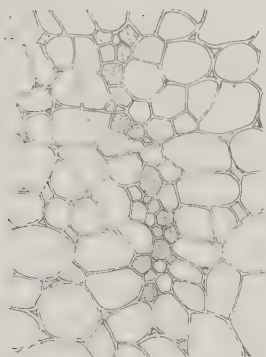


Fig 18.

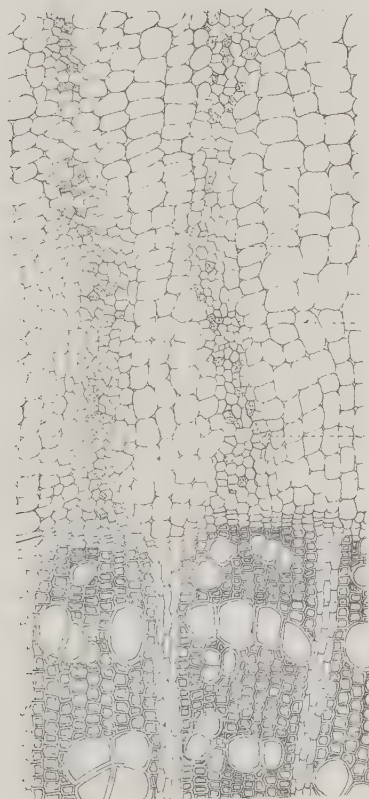


Fig 17.

M. F. Thouvenin ad m. ael

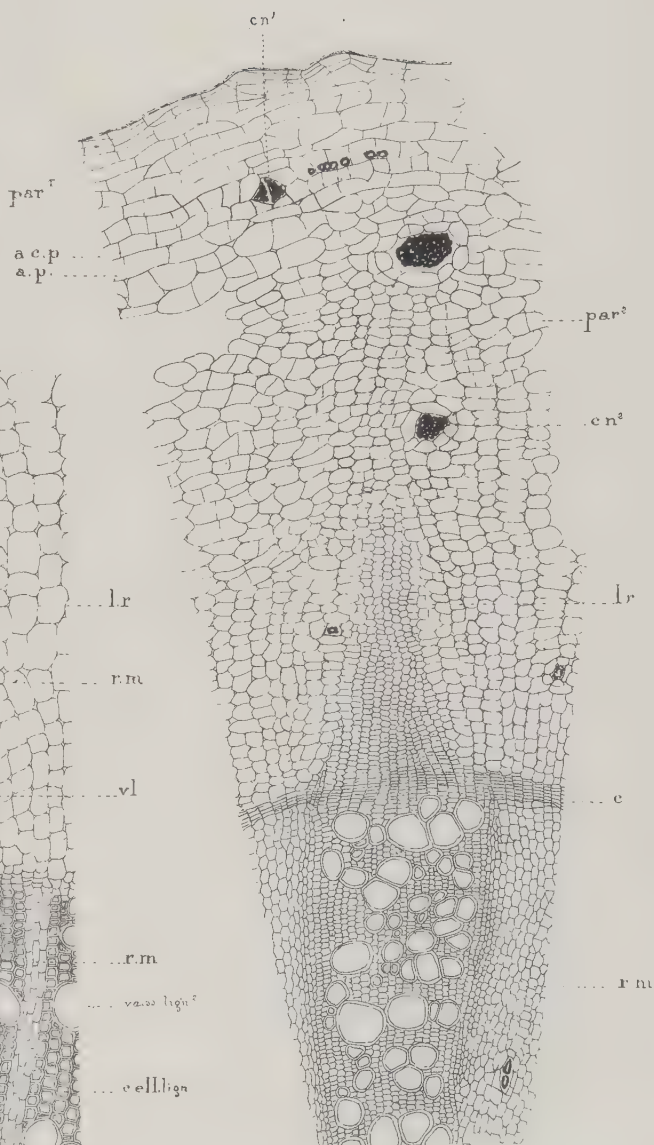


Fig 19.

L. B. B. B. B. B.

Planche V

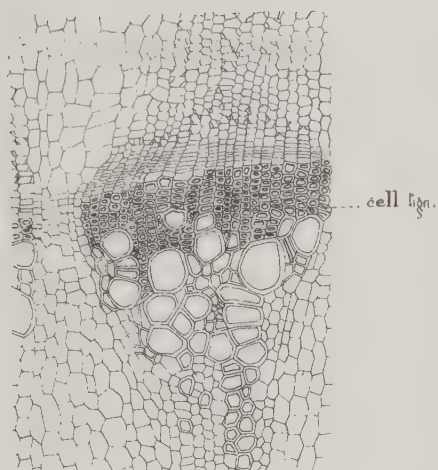


Fig 22.

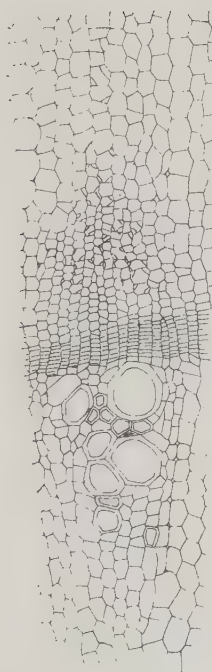


Fig 21

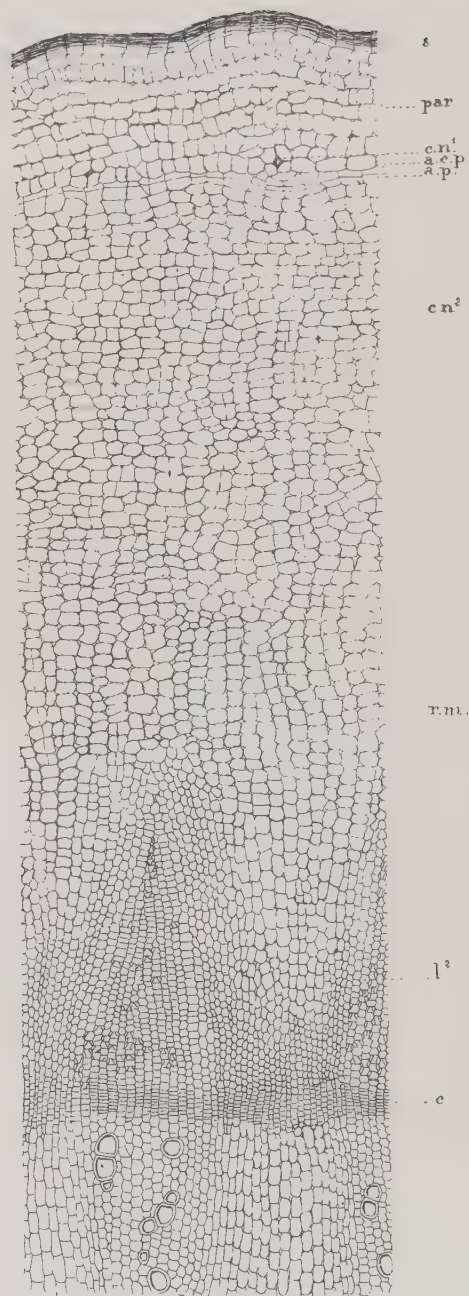


Fig 20.

Planche VI.

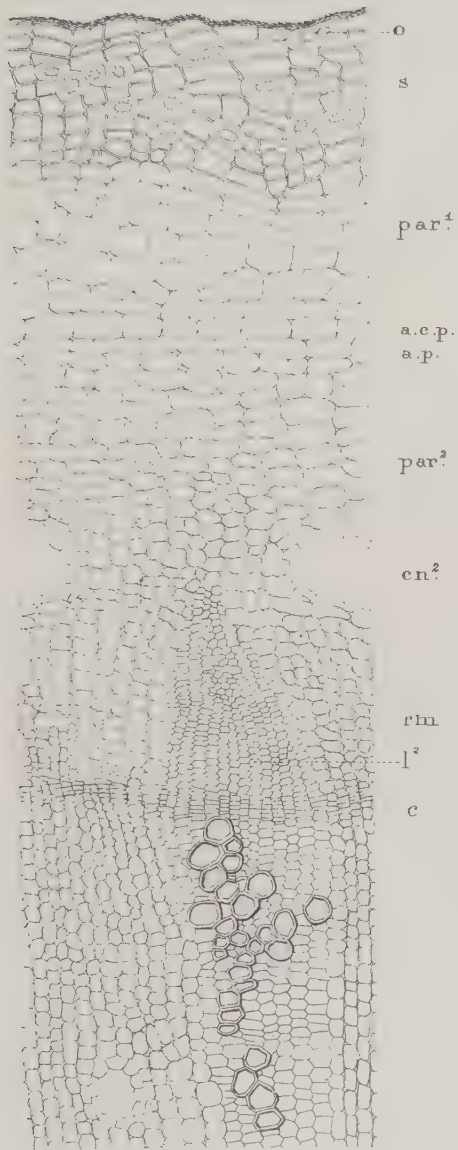


Fig. 24.

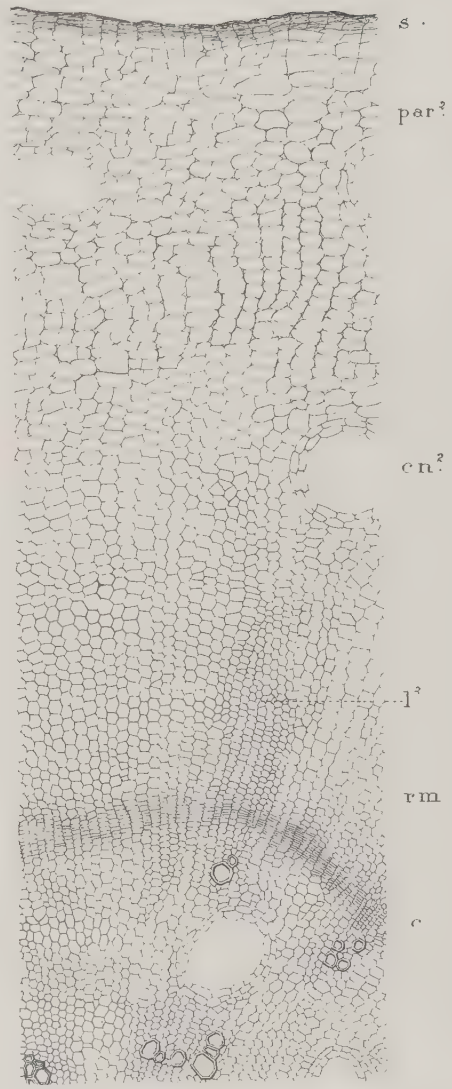


Fig. 23

